

**IDENTIFIKASI PERUBAHAN JALUR FOTOSINTESIS PADA  
COCOR BEBEK (*Kalanchoe pinnata*) MELALUI  
KONDUKTANSI STOMATA**

(Studi Deskriptif Sebagai Sumber Belajar Peserta Didik Materi Fotosintesis SMA  
Kelas XII Semester Ganjil)



**Skripsi**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat-Syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)  
Dalam Ilmu Biologi

Oleh:

**Maya Agustina  
NPM. 1411060331**

**Jurusan : Pendidikan Biologi**

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN  
LAMPUNG  
1440 H/2019 M**

**IDENTIFIKASI PERUBAHAN JALUR FOTOSINTESIS PADA  
COCOR BEBEK (*Kalanchoe pinnata*) MELALUI  
KONDUKTANSI STOMATA**

(Studi Deskriptif Sebagai Sumber Belajar Peserta Didik Materi Fotosintesis SMA  
Kelas XII Semester Ganjil)

**Skripsi**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat-Syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd)  
Dalam Ilmu Biologi

Oleh

**Maya Agustina  
NPM. 1411060331**

**Jurusan : Pendidikan Biologi**

Pembimbing I : Dr. Hj. Nilawati Tajuddin, M.Si  
Pembimbing II : Dwijowati Asih Saputri, M. Si

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN  
LAMPUNG  
1440 H/2019 M**

**ABSTRAK**  
**IDENTIFIKASI PERUBAHAN JALUR FOTOSINTESIS PADA**  
**COCOR BEBEK (*Kalanchoe pinnata*) MELALUI**  
**KONDUKTANSI STOMATA**

**Oleh**  
**Maya Agustina**

Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat di dunia kesehatan. Daunnya yang mengandung banyak air digunakan oleh masyarakat desa sebagai obat luka dan bisul. Tanaman ini termasuk dalam tanaman C3 yang melakukan fotosintesis di pagi hari, namun apabila cocor bebek tidak disiram tanaman ini akan mengalami cekaman dan stress air dan akibatnya cocor bebek akan mengalihkan jalur fotosintesisnya. Hal ini berkaitan dengan konduktansi (buka-tutup) stomata. Tujuan penelitian ini adalah guna mengetahui apakah jalur fotosintesis pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) mengalami perubahan ketika cocor bebek mengalami stress air atau cekaman.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif dengan pendekatan laboratorik. Sampel daun diambil mulai pukul 07.15 WIB hingga pukul 23.15 WIB. sampel berjumlah 18 polibag yang diberi 2 perlakuan, 9 polibag disiram setiap hari dan 9 polibag tidak disiram sama sekali. Sampel daun akan dibuat preparat dengan menggunakan metode replika guna melakukan penelitian ukuran porus stomata cocor bebek. Hasil penelitian akan dianalisis menggunakan cara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk gambar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cocor bebek yang mengalami stress air mengalihkan jalur fotosintesisnya dari C3 menjadi CAM dengan tipe CAM fakultatif. Pembukaan porus stomata paling besar terjadi pada pukul 21.15 WIB. Dengan stomata amfistomatik (terdapat di kedua sisi daun) dan tipe stomata anisositik.

**Kata kunci:** cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*), stomata.





KEMENTERIAN AGAMA

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG

FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Alamat : Jl. Leikol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung 35131 Telp. (0721) 703260

## PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI PERUBAHAN JALUR FOTOSINTESIS PADA  
COCOR BEBEK (*Kalanchoe pinnata*) MELALUI KONDUKTANSI  
STOMATA**

Nama : Maya Agustina  
NPM : 1411060331  
Jurusan : Pendidikan Biologi  
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

## MENYETUJUI

Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam sidang munaqosyah Fakultas Tarbiyah  
dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung

Pembimbing 1

Pembimbing 2

  
**Dr. Hj. Nilawati Tajuddin, M. Si**  
NIP. 19550826 198303 2 002

  
**Dwijowati Ash Saputri, M. Si**  
NIP. 19720211 199902 2 002

Mengetahui

Ketua jurusan Pendidikan Biologi

  
**Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd**  
NIP. 19840228 2006 04 1 004





**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG**  
**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Alamat : Jl. Let. Kol. H. Endro Suratmin Sukarame 1 Bandar Lampung 35131 Telp (0721) 703260.

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul: **Identifikasi Perubahan Jalur Fotosintesis pada Cocol Bebek (*Kalanchoe pinnata*)** melalui Konduktansi Stomata, disusun oleh: **Maya Agustina, NPM. 1411060331**, Jurusan: **Pendidikan Biologi**, Telah diujikan dalam sidang Munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada: Hari/Tanggal: **Kamis, 31 Januari 2019**.

**TIM PENGUJI**

**Ketua** : **Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd** (.....)

**Sekretaris** : **Marlina Kamelia, M.Sc.** (.....)

**Penguji Utama** : **Dr. Rina Budi Satiyarti** (.....)

**Penguji Kedua** : **Dr. Hj. Nilawati Tajuddin, M.Si** (.....)

**Pembimbing** : **Dwijowati Asih Saputri, M.Si.** (.....)



Mengetahui  
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan

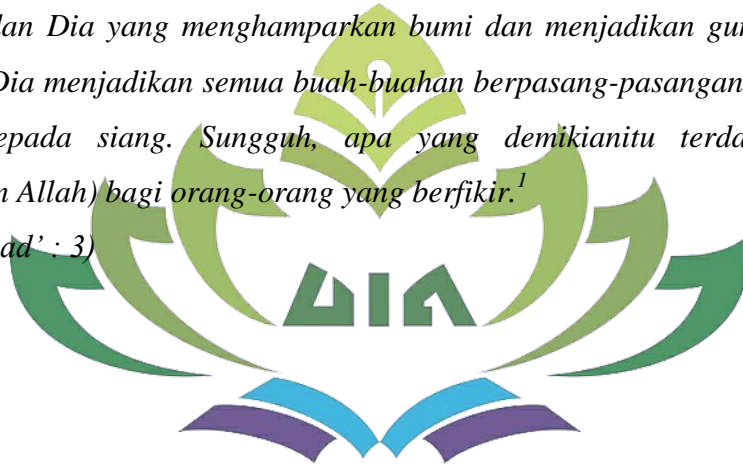
**Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd**  
**NIP. 19560810 198703 1001**



## MOTTO

وَهُوَ الَّذِي مَدَّ الْأَرْضَ وَجَعَلَ فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْهَارًا وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ جَعَلَ فِيهَا زَوْجَيْنِ  
أَثْنَيْنِ يُغَشِّي اللَّيْلَ النَّهَارَ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿٣﴾

Artinya: dan Dia yang menghamparkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan padanya Dia menjadikan semua buah-buahan berpasang-pasangan; dia menutupkan malam kepada siang. Sungguh, apa yang demikianitu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berfikir.<sup>1</sup>  
(Q.S. Ar Rad' : 3)

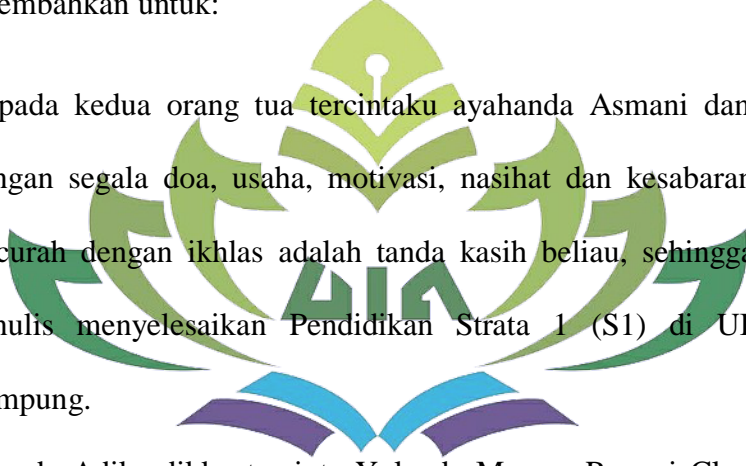


---

<sup>1</sup> Departemen agama RI. *Alqur'an dan terjemahan tajwid*. (jakarta: PT. Wijaya Karya Persero Tbk.) 2007. Hal 249.

## PERSEMBAHAN

Terucap Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT, dzat yang Maha sempurna atas segala limpahan berkah, nikmat, perlindungan dan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir pada perkuliahan ini. Dengan rasa syukur yang tak terhingga, skripsi ini penulis persembahkan untuk:

- 
1. Kepada kedua orang tua tercintaku ayahanda Asmani dan ibunda Seriyati dengan segala doa, usaha, motivasi, nasihat dan kesabarannya yang selalu tercurah dengan ikhlas adalah tanda kasih beliau, sehingga menghantarkan penulis menyelesaikan Pendidikan Strata 1 (S1) di UIN Raden Intan Lampung.
  2. Kepada Adik-adikku tercinta Yolanda Manya, Ranggi Claudia, dan Rangga Claudia yang selalu memberi semangat, semoga kita bisa membuat kedua orang tua kita tersenyum bahagia.
  3. Sahabatku tersayang, Lidia Berlina, Nurul Atiqoh, Lusiana Dewi, dan Maya Yunilasari yang memberikan motivasi serta banyak membantu selama di jenjang perkuliahan ini.
  4. Almamaterku tercinta UIN Raden Intan Lampung , yang telah memberikan pengalaman dan pembelajaran berharga.

## RIWAYAT HIDUP

Maya Agustina, dilahirkan di Kotabumi Lampung Utara pada tanggal 03 Agustus 1996. Anak pertama dari 4 bersaudara, dilahir dari pasangan bapak Asmani dan ibu Seriyati.

Penulis menempuh pendidikan pertama di Taman Kanak-kanak Mari Taqwa di Kotabumi Lampung Utara dan selesai pada tahun 2002, kemudian Sekolah Dasar di SD Negeri 04 Tanjung Aman Kotabumi Lampung Utara dan Lulus pada tahun 2008, Sekolah Menengah Pertama di selesaikan di SMP Negeri 01 Kotabumi Lampung Utara dan lulus pada tahun 2011, Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 02 Menggala Tulang Bawang dan lulus pada tahun 2014, Kemudian pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai Mahasiswi UIN Raden Intan Lampung di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, dengan Jurusan Pendidikan Biologi, sampai sekarang.

Bandar Lampung,  
Penulis

November 2018

Maya Agustina  
1411060331



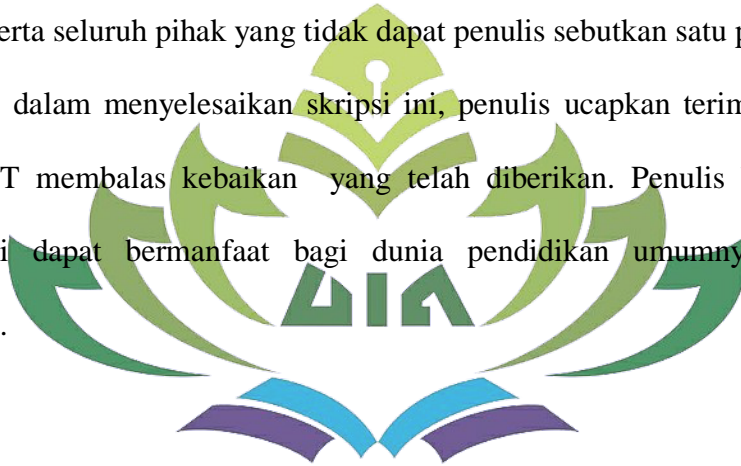
## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, serta Shalawat beserta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis berterima kasih kepada seluruh pihak yang membantu dalam pembuatan skripsi dengan judul: :  
”IDENTIFIKASI PERUBAHAN JALUR FOTOSINTESIS PADA COCOR BEBEK (*Kalanchoe pinnata*) MELALUI KONDUKTANSI STOMATA” Dalam penulisan skripsi ini, penulis tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Dengan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.
2. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd, selaku ketua jurusan Pendidikan Biologi.
3. Ibu Dr. Hj. Nilawati Tajuddin, M.Si, selaku dosen pembimbing I, dan ibu Dwijowati Asih Saputri, M.Si. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi serta pengetahuan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh perkuliahan sampai selesai.
5. Teman-teman biologi F, teman-teman kompre 21 (Berlin, Atiqoh, Lusiana, Maya yunila, dan Nurhalisa) teman-teman kostan (wiwi, yosi dan winda) serta teman-teman KKN 104 (Krissian, Refan, Dwi, Ilin, Reci, Tia, Susi, Mona, Laila, Linda, dan Heni).

Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis ucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT membalas kebaikan yang telah diberikan. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi dunia pendidikan umumnya dan pembaca khususnya.



Bandar Lampung,  
Penulis

2018

Maya Agustina  
1411060331



## DAFTAR ISI

### Halaman

HALAMAN JUDUL .....	i
ABSTRAK .....	ii
PERSETUJUAN.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
MOTTO .....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
RIWAYAT HIDUP .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii

### BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	9
C. Batasan Masalah.....	9
D. Rumusan Masalah.....	9
E. Tujuan Penelitian .....	10
F. Manfaat penelitian.....	11

### BAB II LANDASAN TEORI

A. Pengertian Cocor Bebek ( <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) pers.....	12
1. Morfologi Cocor Bebek ( <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) pers.....	13
2. Habitat Cocor Bebek ( <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) pres. ....	16
3. Manfaat dan kandungan cocor bebek.....	16
B. Konduktansi Stomata .....	17
C. Transpirasi dan Fotosintesis.....	20
1. Transpirasi.....	20
2. Fotosintesis.....	22
D. Stomata.....	30
1. Bagian-bagian stomata .....	32
2. Tipe-tipe stomata.....	33
E. Analisis materi pembelajaran.....	36
F. Kerangka berfikir .....	38

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	42
B. Alat dan bahan.....	42
C. Populasi dan Sampel Penelitian .....	43
D. Metode Penelitian.....	43
E. Cara Kerja Penelitian .....	44
F. Analisis Data .....	46
G. Alur Kerja Penelitian.....	47

### **BAB IV HASIL PENGAMATAN DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil Penelitian .....	48
B. Pembahasan .....	58
C. Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar.....	68

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	70
B. Saran.....	70

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
-----------------------------	-----------

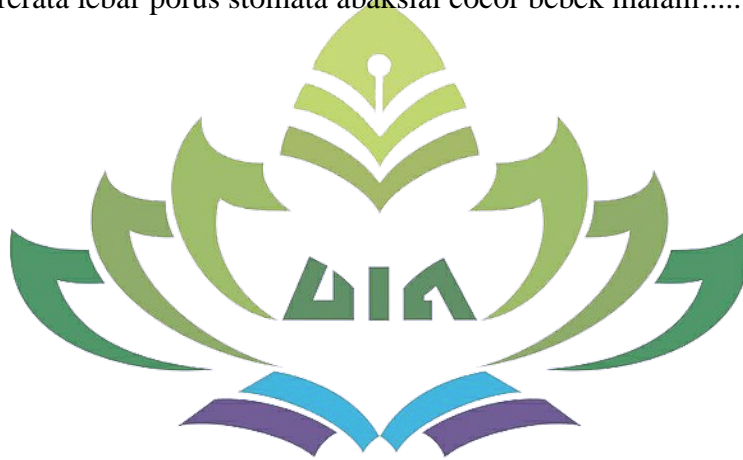
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>77</b>
----------------------	-----------





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
Tabel 2.1 karakteristik tanaman C3 .....	25
Tabel 2.2 karakteristik tanaman CAM .....	27
Tabel 4.1 rerata lebar porus stomata adaksial cocor bebek pagi .....	49
Tabel 4.2 rerata lebar porus stomata abaksial cocor bebek pagi .....	51
Tabel 4.3 rerata lebar porus stomata adaksial cocor bebek malam .....	53
Tabel 4.4 rerata lebar porus stomata abaksial cocor bebek malam .....	55



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
Gambar 2.1 Akar Cocor Bebek(Kalanchoe pinnata (lam.) pres. ....	14
Gambar 2.2 Batang Cocor Bebek(Kalanchoe pinnata (lam.) pres .....	14
Gambar 2.3 Daun Cocor Bebek(Kalanchoe pinnata (lam.) pres.....	15
Gambar 2.4 Tipe stomata Anomositik .....	35
Gambar 2.5 Tipe stomata Anisositik.....	35
Gambar 2.6 Tipe stomata Parasitik .....	35
Gambar 2.7 Tipe stomata Diasitik .....	36
Gambar 2.8 Tipe Stomata Aktinositik .....	36
Gambar 4.1 Grafik rerata lebar porus stomata adaksial pagi .....	50
Gambar 4.2 Grafik rerata lebar porus stomata abaksial pagi.....	52
Gambar 4.3 Grafik rerata lebar porus stomata adaksial malam .....	54
Gambar 4.4 Grafik rerata lebar porus stomata abaksial malam .....	56
Gambar 4.5 Grafik perubahan suhu dan kelembabab pagi .....	57
Gambar 4.6 Grafik perubahan suhu dan kelembabab malam .....	57
Gambar 4.7 Pembukaan stomata adaksial dan abaksial pagi .....	59
Gambar 4.8 pembukaan stomata adaksial dan abaksial malam .....	65



## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Foto hasil pengamatan stomata .....	78
2. Alat dan Bahan yang Digunakan.....	84
3. Dokumentasi Penelitian .....	87
4. Panduan praktikum.....	89
5. Silabus SMA/MA kelas XII .....	98
6. Rancangan proses pembelajaran (RPP) .....	101



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara yang memiliki iklim tropis dan tanah yang subur, sehingga tidak heran jika Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Letaknya yang berada digaris khatulistiwa mengakibatkan Indonesia memiliki keanekaragaman flora yang melimpah, oleh sebab itu Indonesia disebut sebagai Negara biodiversitas.

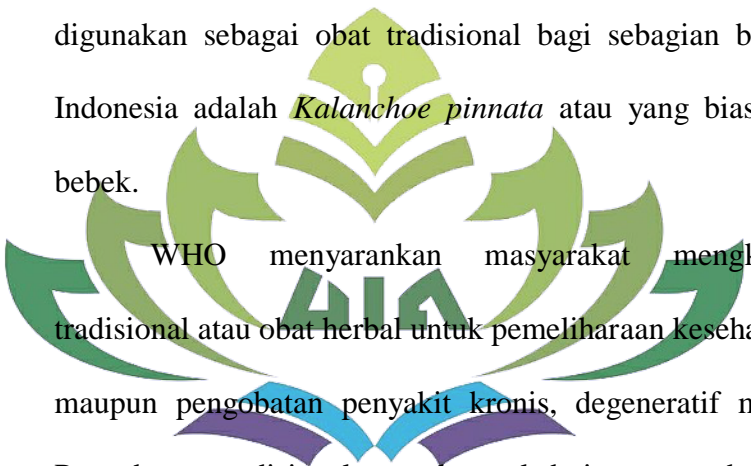
Menurut UU RI No. 5 Tahun 1990 tentang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem, flora adalah semua jenis sumber daya alam nabati (tumbuhan) baik yang hidup didarat maupun yang hidup di air.<sup>1</sup> Tumbuhan (flora) yang ada di Indonesia memiliki banyak manfaat baik digunakan sebagai sumber pangan, maupun sebagai obat-obatan. Banyak masyarakat Indonesia yang memanfaatkan tumbuhan baik yang sengaja ditanam hingga yang ada di hutan sebagai obat tradisional.

---

<sup>1</sup> DPR, 'Undang-Undang Ri Tentang Konservasi Sumber Daya Alam Dan Ekosistemnya', Nomor 5, 1990, 1–12.



Mengonsumsi obat yang berasal dari tanaman atau pengobatan yang dilakukan secara tradisional (alami) dengan memanfaatkan tanaman lebih banyak dilakukan oleh masyarakat Indonesia, terlebih masyarakat yang berada di desa-desa pedalaman karena selain murah di desa-desa tanaman obat-obatan lebih mudah di dapat dan minimnya efek samping dibandingkan dengan obat-obatan kimia.<sup>2</sup> Salah satu jenis tanaman yang memiliki banyak manfaat dan digunakan sebagai obat tradisional bagi sebagian besar masyarakat Indonesia adalah *Kalanchoe pinnata* atau yang biasa dikenal cocor bebek.



WHO menyarankan masyarakat mengonsumsi obat tradisional atau obat herbal untuk pemeliharaan kesehatan, pencegahan maupun pengobatan penyakit kronis, degeneratif maupun kanker.<sup>3</sup> Pengobatan tradisional yang berasal dari tanaman baik yang sengaja ditanam maupun yang berasal dari hutan, merupakan bentuk partisipasi masyarakat terhadap penyelesaian masalah kesehatan yang telah disarankan oleh WHO (World Health Organization).

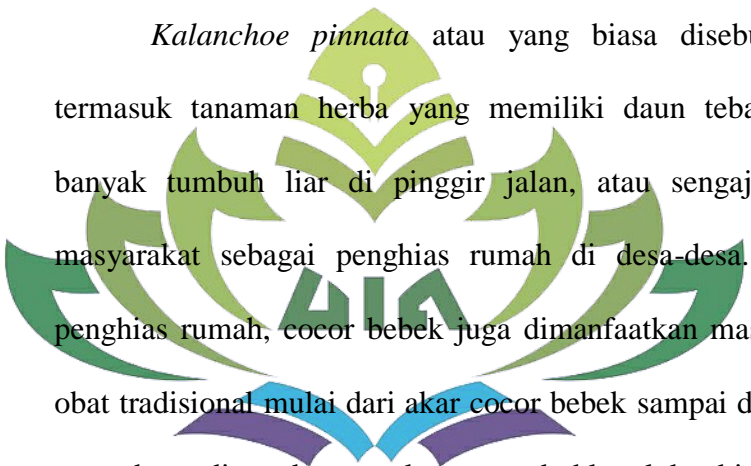
Masyarakat di Wonokerto Pekalongan memanfaatkan tanaman cocor bebek sebagai obat penurun panas, penyakit kulit, luka bakar

---

<sup>2</sup>Asah and Muhammad Yassir, 'Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Obat Tradisional Di Desa Batu Hampan Kabupaten Aceh Tenggara', *Jurnal Biotik*, 6.1 (2018), 17–34.

<sup>3</sup> Mutimanda Dwisatyadini, 'Pemanfaatan Tanaman Obat Untuk Pencegahan Dan Pengobatan Penyakit Degeneratif', *Optimalisasi Peran Sains Dan Teknologi Untuk Mewujudkan Smart City*, 2010, 237–70.

atau sayatan, gangguan perut dan wasir.<sup>4</sup> sedangkan masyarakat di Magelang Jawa Tengah memanfaatkan tanaman ini sebagai obat amandel, radang asma dan bisul.<sup>5</sup> Pada penelitian di Universitas Osaga jepang diketahui bahwa cocor bebek dapat menghambat pertumbuhan sel tumor yang dilakukan pada mencit. Banyak manfaat dari tanaman cocor bebek yang dimanfaatkan masyarakat setempat untuk dijadikan obat tradisional.



*Kalanchoe pinnata* atau yang biasa disebut cocor bebek termasuk tanaman herba yang memiliki daun tebal. Tanaman ini banyak tumbuh liar di pinggir jalan, atau sengaja ditanam oleh masyarakat sebagai penghias rumah di desa-desa. Selain sebagai penghias rumah, cocor bebek juga dimanfaatkan masyarakat sebagai obat tradisional mulai dari akar cocor bebek sampai daun cocor bebek yang dapat digunakan untuk menyembuhkan luka, bisul dan juga luka bakar.

Tanaman cocor bebek merupakan jenis tanaman sekulen (tumbuhan yang mengandung air) yang mampu hidup di daerah kering. Masyarakat sering menanam cocor bebek karena tanaman mudah tumbuh dan tidak rumit dalam pemeliharaannya. Tanaman ini

---

<sup>4</sup> Pudjiati Syarif, Bambang dan Suryotomo, and Suprpto Hayati, 'Deskripsi Dan Manfaat Tanaman Obat Di Pedesaan Sebagai Upaya Pemberdayaan Apotik Hidup (Studi Kasus Di Kecamatan Wonokerto)', *Jurnal Pertanian*, 2015, 20–32.

<sup>5</sup> Rani Okta Friliana and others, 'Inovasi Salep Ekstrak Cobek ( Cocor Bebek ) Sebagai Obat Bisul', *Research Colloquium*, 2017, 177–82.

merupakan tanaman yang dapat diperbanyak dengan stek daun atau tunas adventif sehingga tidak butuh waktu lama untuk membuat pembibitan cocor bebek. Cocor bebek dapat tumbuh dilingkungan sejuk maupun yang kering dan panas, selama cocor bebek mendapatkan cahaya yang cukup.

Cocor bebek membutuhkan air yang cukup agar dapat hidup dan melakukan fotosintesis. Fotosintesis sendiri merupakan proses sintesis karbohidrat dari bahan-bahan anorganik  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  pada tumbuhan berpigmen yang dibantu oleh energi cahaya matahari.<sup>6</sup> Fotosintesis pada cocor bebek sendiri terjadi di pagi hari karena cocor bebek merupakan jenis tanaman dengan jalur fotosintesis  $\text{C}_3$ , dimana pada tanaman  $\text{C}_3$  stomata akan terbuka pada pagi hari. Sedangkan stomata merupakan mulut daun yang terdapat di epidermis daun, batang, dan organ lain sebagai tempat pertukaran gas.

Allah swt berfirman dalam surat Al-Hijr ayat 22 yang berbunyi:

وَأَرْسَلْنَا الرِّيْحَ لَوْفِحَ فَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَاسْقِيْنٰكُمُوْهُ وَمَا أَنْتُمْ لَهُ بِخٰزِنِيْنَ ۝۲۲

Artinya:

*“Dan kami telah meniupkan angin untuk mengawinkan (tumbuh-tumbuhan) dan kami turunkan hujan dari langit, lalu kami beri minum kamu dengan air itu, dan sekali-kali bukanlah kamu yang menyimpannya”.*

---

<sup>6</sup> Nio Song Ai, ‘Evolusi Fotosintesis Pada Tumbuhan’, *Ilmiah Sains*, 12.1 (2012), 28–34.



Allah swt berfirman dalam surat ali ‘imran ayat 27 yang

berbunyi:

تُولِجُ اللَّيْلَ فِي النَّهَارِ وَتُولِجُ النَّهَارَ فِي اللَّيْلِ وَتُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَتُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ وَتَرْزُقُ مَنْ تَشَاءُ بِغَيْرِ حِسَابٍ ٢٧

Artinya:

*“Engkau masukkan malam ke dalam siang dan engkau masukkan siang ke dalam malam. Engkau keluarkan yang hidup dari yang mati, dan Engkau keluarkan yang mati dari yang hidup. Dan Engkau memberi rezeki kepada siapa yang Engkau kehendaki tanpa hisab (batas) ”.*<sup>7</sup>

Ayat diatas menjelaskan bahwa sesungguhnya segala yang terjadi dimuka bumi ini telah di atur oleh Allah SWT. Sebagai bentuk kekuasaanNya, Allah ciptakan bumi dan segala isinya, Allah kirimkan angin, maka angin itu membawa air dari langit, kemudian berlalu seirama dengan bergerak awan hingga awan itu menjatuhkan hujan sebagaimana air susu kemudian Allah mengirimkan angin untuk mengkawinkan tumbuh-tumbuhan dan disuburkan oleh air hujan kemudian tumbuhan mengolah air tersebut menjadi sumber makanan bagi mereka sendiri.<sup>8</sup> Tanaman yang telah menyerap air akan menyimpan air tersebut untuk bertahan hidup dan mengolahnya menjadi sumber makanan bagi dirinya sendiri melalui proses

<sup>7</sup> Departemen Agama RI, *Alquran Tajwid, Dan Terjemahan* (Bandung: CV. Diponogoro, 2010).

<sup>8</sup> Muhammad dan Ali and Jalaluddin As-Suyuti, *Ringkasan Tafsir Ibnu Katsir Dari Juz 1 Sampai Juz 30*, ke-3 (Bandung: Jabal, 2017).

fotosintesis dengan dibantu cahaya matahari. Sedangkan tanaman yang hidup ditempat kering akan menyimpan sisa air untuk bertahan hidup. Ketika malam ada tumbuhan yang beristirahat, namun beberapa dari mereka melakukan fotosintesis. Namun ketika pagi datang ada beberapa tanaman yang beristirahat dan meninggalkan aktifitasnya, dan beberapa dari tanaman lain melakukan fotosintesis di pagi hari.

Cocor bebek yang merupakan tanaman dominan membutuhkan air akan mengalami cekaman/stress ketika dalam jangka waktu yang lama tidak disiram. Sehingga ukuran stomata akan mengecil ketika mengalami dehidrasi. Cocor bebek yang mengalami cekaman akan mengubah jalur fotosintesisnya dari C3 yang dominan air menjadi CAM yang tidak terlalu menyukai air dan membuka stomatanya di malam hari.<sup>9</sup> Ketika cocor bebek mengalami cekaman maka tanaman ini akan mengalami penurunan nilai manfaatnya dan ketika tanaman ini mengalami penurunan nilai manfaat maka penggunaan obat tradisional akan menurun bahkan akan hilang.

Seperti diketahui bahwa cocor bebek merupakan tanaman dengan jalur fotosintesis C3 yang mana jalur fotosintesis ini akan membuka stomatanya dipagi hari dan melakukan fotosintesis dipagi hari. Dimana tanaman C3 ini memiliki kandungan karbondioksida

---

<sup>9</sup> Hamim, 'Respon Pertumbuhan Spesies C3 Dan C4 Terhadap Cekaman Kekeringan Dan Konsentrasi CO<sub>2</sub> Tinggi', *Jurnal Biosfer*, 2005, 105–13.

(CO<sub>2</sub>) di atmosfer yang lebih tinggi. Pada tanaman C3 fiksasi karbon awal dilakukan melalui rubisco, enzim siklus calvin yang menambahkan CO<sub>2</sub> pada ribulosa bifosfat. Namun C3 akan memproduksi sedikit makanan jika stomata tertutup.<sup>10</sup> Pada tanaman C3 seperti cocor bebek membutuhkan air yang cukup banyak, berbeda dengan tanaman C4 dan CAM. Ketika mengalami stres air atau cekaman yang berlebihan tanaman ini akan mengubah jalur fotosintesisnya menjadi CAM.

Jalur fotosintesis CAM sendiri adalah modifikasi dari jalur fotosintesis C3 dan C4 yang berevolusi terhadap adaptasinya pada lingkungan. Tanaman CAM mengurangi penguapan dengan cara respirasi yang dilakukan pada malam hari yang suhunya lebih rendah dari siang hari. Pada fotosintesis jalur CAM, CO<sub>2</sub> disimpan dalam bentuk asam malat didalam vakuola yang kemudian didekarboksilasi agar memiliki persediaan CO<sub>2</sub> yang akan digunakan untuk fotosintesis.<sup>11</sup> Terdapat beberapa cara yang dapat digunakan untuk melihat bahwa suatu tanaman termasuk kedalam jalur fotosintesis CAM diantaranya dengan melihat akumulasi H<sup>+</sup> sesuai dengan malat,

---

<sup>10</sup> Shinta Almayra, 'Perbedaan Kerapatan Stomata Daun Tumbuhan Kedelai (*Glycine Max* L. Merril) Pada Tempat Terang Dan Teduh).', 2017, 1–15.

<sup>11</sup> Bernadetta Rina Hastilestari, 'Plasticity of Photosynthetic System on CAM Plants', *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indom*, 1.4 (2015), 864–67 <<https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010436>>.

jumlah  $\text{CO}_2$  yang terkandung, aktifitas malat dan sitrat, akumulasi asam, dan konduktansi stomata (buka-tutup stomata).<sup>12</sup>

Fotosintesis yang terjadi pada cocor bebek dipengaruhi oleh beberapa faktor baik internal maupun eksternal. Faktor internal meliputi jam biologis, fotoperiodisme yang memicu serapan ion pada pagi hari sehingga stomata membuka, sedangkan faktor eksternal meliputi ketersediaan air, cahaya yang cukup, konsentrasi  $\text{CO}_2$  dan asam absisat (ABA).<sup>13</sup>

Jalur fotosintesis yang ada pada CAM tidak hanya satu tipe namun jalur fotosintesis CAM terbagi menjadi beberapa tipe. Semua tanaman CAM melakukan fotosintesis, namun dengan cara yang berbeda-beda sesuai dengan tipe yang dimilikinya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai “karakteristik Adenosinetriphosphatase dan anorganik pyrophosphatase di tinoplasts terisolasi dari tiga spesies CAM *Ananas comosus*, *Kalanchoe pinnata*, dan *K. daigremontiana*”. Diperoleh hasil bahwa *Kalanchoe pinnata* atau cocor bebek merupakan spesies dengan jalur fotosintesis  $\text{C}_3$  yang beralih ke jalur fotosintesis CAM karena adanya cekaman air yang menyebabkan cocor bebek dehidrasi dan beralih ke jalur fotosintesis CAM. Pada penelitian ini cocor bebek akan diberi dua perlakuan

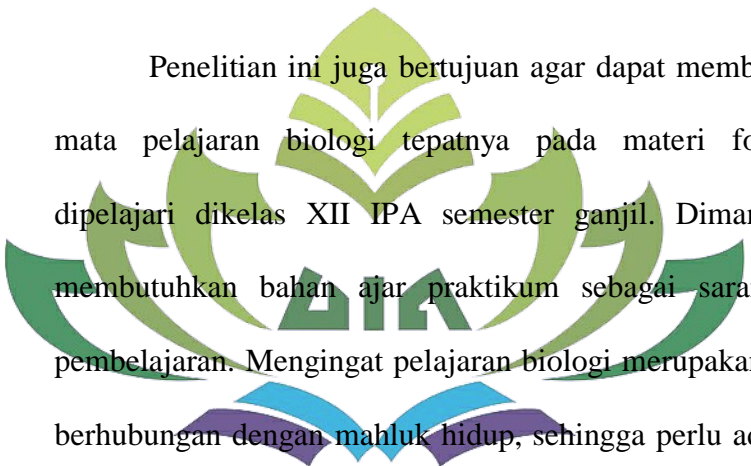
---

<sup>12</sup> Ana Herrera, ‘Crassulacean Acid Metabolism-Cycling in *Euphorbia Mili*’, *Journal for Plant Sciences*, 2013, 1–10 <<https://doi.org/10.1093/aobpla/plt014>>.

<sup>13</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Padang: Rajawali Press, 1993).



berbeda, dimana akan ada cocor bebek yang diberi perlakuan selalu disiram sesuai waktu penyiramannya dan ada yang tidak disiram. Perlakuan ini diberikan agar ada perbedaan antara cocor bebek yang tumbuh subur dan cocor bebek yang mengalami cekaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipe CAM pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) yang mengalami perubahan jalur fotosintesis dari C3 menjadi CAM karena adanya cekaman pada tanaman ini.



Penelitian ini juga bertujuan agar dapat membantu siswa pada mata pelajaran biologi tepatnya pada materi fotosintesis yang dipelajari dikelas XII IPA semester ganjil. Dimana siswa masih membutuhkan bahan ajar praktikum sebagai sarana dan sumber pembelajaran. Mengingat pelajaran biologi merupakan pelajaran yang berhubungan dengan makhluk hidup, sehingga perlu adanya praktikum agar siswa dapat memahami proses sains yang terjadi selama praktikum berlangsung. Siswa pun dapat menghubungkan pelajaran mengenai materi fotosintesis dengan kehidupan nyata, sehingga siswa dapat memahami sendiri keterkaitan teori yang didapat di buku dengan praktikum yang dilakukannya di laboratorium.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) merupakan tanaman dengan jalur fotosintesis C3 akan berubah menjadi CAM ketika mengalami cekaman atau stress air.
2. Belum diketahui tipe dari stomata cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*).

### C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah penelitian difokuskan pada:

1. Perubahan konduktansi stomata (buka-tutup stomata) pada cocor bebek dengan jalur fotosintesis C3 hingga menjadi CAM karena mengalami cekaman kekeringan.
2. tipe CAM yang ada pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) dan tipe stomatanya.

### D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas maka penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah jalur fotosintesis pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) akan mengalami perubahan dari C3 menjadi CAM ketika cocor bebek mengalami cekaman kekeringan?
2. Bagaimanakah tipe CAM yang ada pada cocor bebek (*Kalanchie pinnata*) setelah mengalami cekaman dan apakah tipe stomata yang ada pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*)?

### E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui apakah jalur fotosintesis pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) akan mengalami perubahan dari C3 menjadi CAM ketika cocor bebek mengalami cekaman kekeringan.
2. Mengetahui bagaimanakah tipe CAM yang ada pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) setelah mengalami cekaman dan apakah tipe stomata yang ada pada cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*).

### F. Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti sebagai tambahan pengetahuan, wawasan, dan pengalaman dibidang biologi.
2. Bagi peserta didik sebagai sumber belajar berupa kegiatan praktikum terkait materi fotosintesis.
3. Bagi guru biologi sebagai alternatif dalam mencapai tujuan pembelajaran pada materi fotosintesis.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### A. Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*)

*Kalanchoe pinnata* atau yang biasa dikenal dengan cocor bebek merupakan tanaman herbal yang berumur panjang. Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) adalah jenis tanaman sukulen yang mampu hidup di daerah kering. Tanaman ini dapat ditemukan di daerah tropis seperti Asia, Australia, makaronesia, galapagos, Hawaii, selandia baru, Melanesia, india barat, sampai ke polandia. Cocor bebek berasal dari madagaskar yang kemudian menyebar ke daerah-daerah tropis.<sup>1</sup>

Cocor bebek memiliki nama lain yang berbeda-beda di setiap daerah. Seperti masyarakat jawa tengah menyebutnya sosor bebek, masyarakat Madura daun ancar bebek. Di Halmahera tanaman ini disebut mamala, di masyarakat melayu disebut daun sejuk, sedangkan masyarakat sunda menyebutnya buntiris. Masyarakat Aceh sendiri memiliki sebutan dindingin banen, sedangkan di Ternate disebut rau kufri, dan di masyarakat Tidore disebut kabi-kabi.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> devi fitria Ariesandi, 'Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi Dan Frekuensi Ekstrak Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe Pinnata*) Untuk Menyembuhkan Luka Sayat Pada Tikus Putih (*Rattus Norvegicus L.*)', *Jurnal Biologi Murni*, 2016, 1–11.

<sup>2</sup> Sarah Istiana, 'Formulasi Sediaan Gel Basis Na-CMC Ekstrak Etanol Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe Pinnata* (Lmk.) Pers.) Sebagai Penyembuh Luka Pada Kelinci', *Jurnal Ilmiah*, 2016, 1–12.



Berdasarkan Sistem tata nama Binomial Nomenklature yang dicetuskan oleh Carolus Linneaus pada tahun 1750-an yang terdiri dari dua kata, yaitu genus dan spesies. Sistem klasifikasi cocor bebek sendiri menurut Steenis sebagai berikut:

Regnum : Plantae (Tumbuhan)  
 Divisi : Magnoliphyta (Tumbuhan berbunga)  
 Kelas : Dicotyledon (berkeping dua / dikotil)  
 Ordo : Saxifragales  
 Famili : Crassulaceae  
 Genus : Kalanchoe  
 Spesies : *Kalanchoe pinnata* [Lam] Pers.<sup>3</sup>

## 1. Morfologi cocor bebek

### a. Akar

Cocor bebek termasuk dalam tanaman jenis dikotil yang memiliki akar tunggang. Namun kebanyakan cocor bebek yang dapat dilakukan dengan stek membuat tanaman ini memiliki akar serabut yang muncul dari ujung-ujung batang. Akar cocor bebek berwarna coklat tua, sedangkan akar yang muda atau baru membentuk akar akan berwarna lebih muda.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Quazi Majaz and others, 'The Miracle Plant ( *Kalanchoe Pinnata* ): A Phytochemical and Pharmacological Review', *Jurnal IJRAP*, 2.V (2011), 1478–82.

<sup>4</sup> Gembong Tjitrosoepomo, *Morfologi Tumbuhan*, ke-I (Yogyakarta: PT. Gajah Mada University Press, 2012), 1-266.



**Gambar 2.1 akar cocor bebek<sup>5</sup>**

b. Batang

Batang cocor bebek berbentuk sedikit persegi berwarna hijau dengan pangkal berkayu dan merupakan batang yang lunak dan beruas. Batang cocor bebek tumbuh tegak dan cabang-cabangnya banyak.



**Gambar 2.2 batang cocor bebek<sup>6</sup>**

c. Daun

Daun cocor bebek berwarna hijau muda namun ada pula yang berwarna abu-abu. Daun cocor bebek mengandung banyak air dan

---

<sup>5</sup> Sumber pribadi yang diambil di sekolah MI GUPPI kalibangan kotabumi (april 2018)

<sup>6</sup> Sumber pribadi yang diambil di sekolah MI GUPPI kaibalangan kotabumi (april 2018)

berdaging. Daunnya berbentuk lonjong dan ada pula yang bulat. Cocor bebek memiliki daun yang basah dengan bagian pinggir daun yang bergelombang. Tanaman cocor bebek dapat diperbanyak dengan tunas adventif dari daunnya. Panjang daun cocor bebek sekitar 3 cm sampai 5 cm. bagian ujung daun tumpul, pangkal daun membundar, dan permukaan daun gundul.



**Gambar 2.3 daun cocor bebek<sup>7</sup>**

d. Bunga

Bunga cocor bebek merupakan bunga majemuk dengan mahkota bunga berbentuk menyerupai corong berwarna merah dan kelopak daun lekat.

e. Buah dan biji

Buah pada cocor bebek berwarna ungu dengan titik putih didalamnya. Buah cocor bebek berbentuk silindris, tajuk bunga cocor bebek pendek dan berbentuk bulat telur atau lanset. Benang sari berjumlah 8, tangkai putik panjang dan helaian sisik berbentuk segi empat. Biji cocor

---

<sup>7</sup> Sumber pribadi yang diambil di sekolah MI GUPPI kalibalangan kotabumi (april 2018)

bebek berbentuk kotak dan kecil, ketika dimakan biji cocor bebek akan terasa agak asam.

## 2. Habitat cocor bebek

Cocor bebek merupakan salah satu spesies dari keluarga Crassulaceae yang tumbuh tersebar di daerah tropis. Tanaman cocor bebek dapat hidup daerah yang mengandung banyak air.

## 3. Manfaat dan Kandungan cocor bebek

Cocor bebek atau *Kalanchoe pinnata* dapat digunakan sebagai tanaman hias di rumah. Selain digunakan sebagai tanaman hias cocor bebek juga digunakan sebagai obat dari beberapa penyakit seperti bisul, radang, amandel, nyeri lambung, muntah darah, sendi-sendi sakit (rhematik), dan wasir.<sup>8</sup>

Dikota besar yang dominan dengan gedung-gedung tinggi akan sulit untuk bisa menanam tanaman di halaman rumah karena tidak adanya tanah lapang untuk dijadikan lahan. Namun tanaman cocor bebek yang termasuk herba dapat ditanam di polybag atau pot dan diletakkan dilantai atas gedung-gedung tinggi. Selain itu jika cocor bebek telah berbunga, tanaman cocor bebek dapat dijadikan sebagai tanaman penghias di ruang tamu karena warna bunganya yang indah.

---

<sup>8</sup> Hendra Stevani, Y. Abdulrohman Hanafi, and Suprpto Prayitno, 'Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol, Eter, Dan Butanol Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe Pinnata*) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus*', *Jurnal Media Farmasi*, XV.24 (2016), 89–95.



Pada tanaman cocor bebek mengandung saponin, flavonoid, dan tanin yang dapat digunakan sebagai obat sakit kepala, penurun panas, obat batuk, peluruh air seni dan obat bisul. Sedangkan daun cocor bebek sendiri dapat digunakan sebagai obat radang dan amandel.<sup>9</sup>

## B. Konduktansi Stomata

Konduktansi stomata merupakan proses buka-tutup pada stomata. Stomata yang mendapatkan cukup banyak air akan membuka dan melakukan fotosintesis. Selain itu jika tekanan turgor yang ada pada sel penutup tinggi maka stomata akan membuka. Tekanan turgor yang tinggi disebabkan oleh masuknya air ke daun yang menyebabkan stomata terbuka. Saat tekanan turgor pada sel penutup rendah, maka stomata akan menutup.

Konduktansi stomata terganggu karena adanya cekaman. Dalam kondisi cekaman, tanaman akan cenderung mengalami stress abiotik. Salah satu mekanisme tanaman toleran terhadap stress abiotik adalah respons buka-tutup stomata atau konduktansi stomata. Jika metabolisme terhambat maka konduktansi stomata akan menurun bahkan terhenti sama sekali. Tanaman yang mengalami cekaman basah atau tergenang, seringkali konduktansi

---

<sup>9</sup>Elis yulia Sandi, 'Ekstrak Daun Cocor Bebek (*Bryophyllum Pinnatum*) Sebagai Pengawet Pada Sediaan Sirup Herbal Tomat (*Solanum Lycopersicum*)', *Jurna Farmasi*, 2013..

stomata tanaman menurun karena menurunnya nilai konduktansi akar. Akibatnya laju fotosintesis akan menurun<sup>10</sup>

Konduktansi stomata yang rendah merupakan indikator tipe tanaman toleran terhadap stress abiotik. Resistensi transpirasi membantu potensial air tanaman yang berperan dalam menjaga turgiditas. Stomata mengatur status air tanaman melalui regulasi banyaknya ekstraksi air dari tanah oleh tanaman dengan pengontrolan laju kehilangan air ke atmosfer. Kecepatan penutupan stomata, sebagai respons stomata terhadap perubahan defisit tekanan uap, dipengaruhi oleh sensitivitas stomata.<sup>11</sup>

Proses pembukaan stomata pada tumbuhan berkaitan erat dengan proses metabolisme tumbuhan yaitu transpirasi dan fotosintesis. Selain berperan dalam difusi CO<sub>2</sub> pada proses fotosintesis, stomata juga berfungsi sebagai pintu keluarnya cairan dari sel dalam proses transpirasi.<sup>12</sup>

Cahaya, konsentrasi CO<sub>2</sub>, air, kelembaban dan hormon tumbuhan merupakan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap membuka dan menutupnya stomata. Cahaya dan adanya air menyebabkan membukanya stomata, peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> dan turunnya kadar air menyebabkan menutupnya stomata. Di antara sekian banyak hormon tumbuhan, ABA (asam

---

<sup>10</sup> Soleh A. M and others, 'Respons Konduktansi Stomata Beberapa Genotipe Tebu Sebagai Parameter Toleransi Terhadap Stress Abiotik', *Jurnal Kultivasi*, 16.3 (2017), 490–93.

<sup>11</sup> Adisya Putra, Sudarsono, and Kukuh Setiawan, 'Pewarisan Sifat Densitas Stomata Dan Laju Kehilangan Air Daun ( Rate Leaf Water Loss RWL ) Pada Kacang Tanah ( *Arachis Hypogaea* L . )', *Jurnal Natur Indonesia*, 14.65 (2011), 73–89.

<sup>12</sup> dwijowati asih Saputri and eka sri Wahyuni, 'Pola Pembukaan Dan Penutupan Stomata Pada Tiga Spesies Anggota Genus *Sansevieria*', in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan* (Universitas Muhammadiyah Metro: Semnasdik FKIP, 2017), pp. 163–70.

absisat) dan auxin merupakan hormon tumbuhan yang terkenal mempunyai pengaruh pada pembukaan dan penutupan stomata. ABA menyebabkan menutupnya stomata sedangkan auxin menyebabkan membukanya stomata.<sup>13</sup>

Tujuan dari pembukaan dan penutupan stomata adalah untuk menjaga keseimbangan antara kehilangan air melalui transpirasi dan pembentukan gula melalui fotosintesis.<sup>14</sup> Beberapa faktor yang mempengaruhi membuka dan menutupnya stomata yaitu :

1. Faktor eksternal : Intensitas cahaya matahari, konsentrasi CO<sub>2</sub> dan asam absisat (ABA). Cahaya matahari merangsang sel penutup menyerap ion K<sup>+</sup> dan air, sehingga stomata membuka pada pagi hari. Konsentrasi CO<sub>2</sub> yang rendah di dalam daun juga menyebabkan stomata membuka. Stomata akan menutup apabila terjadi cekaman air, ABA akan diproduksi di dalam daun yang menyebabkan membran menjadi bocor sehingga terjadi kehilangan ion K<sup>+</sup> dari sel penjaga dan menyebabkan sel penjaga mengkerut sehingga stomata menutup
2. Faktor internal (jam biologis) : Jam biologis memicu serapan ion pada pagi hari sehingga stomata membuka, sedangkan malam hari terjadi pembasan ion yang menyebabkan stomata menutup<sup>15</sup>

---

<sup>13</sup> Made Pharmawati, Made Ria Defiani, and Ni Luh Arpiwi, 'Ca<sup>2+</sup> Intraseluler Terlibat Dalam Mekanisme Pembukaan Stomata Akibat Pengaruh Auxin', *Jurnal Biologi*, XII.1 (2008), 19–22.

<sup>14</sup> Chairul Harum, *Teknik Budidaya Tanaman*, 1st edn (Jakarta: PT. Mancanan Jaya Cemerlang, 2008).

<sup>15</sup> Sri Haryanti and Tetrinica Meirina, 'Optimalisasi Pembukaan Porus Stomata Daun Kedelai ( *Glycine Max* ( L ) Merrill ) Pada Pagi Hari Dan Sore', *Jurnal Bioma*, 11.1 (2009), 11–16.

## C. Transpirasi dan Fotosintesis

### 1. Transpirasi

Transpirasi adalah penguapan pada tumbuhan. Transpirasi merupakan proses kehilangan air karena penguapan melalui stomata, kutikula maupun lenti sel. Alasan banyak air yang hilang pada saat transpirasi adalah saat tanaman membuka stomata maka karbon dioksida CO<sub>2</sub> akan masuk kedalam stomata. Air yang masuk kemudian berdifusi dan air akan keluar lagi melalui stomata.<sup>16</sup>

Adanya cahaya matahari serta luasnya permukaan daun pada tanaman dapat menyebabkan daun menjadi tempat lewatnya kehilangan air terbesar di bandingkan pada bagian tubuh tumbuhan yang lainnya.<sup>17</sup> Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi proses transpirasi pada tanaman seperti tebal tipisnya daun, lebarnya daun, banyaknya trikoma pada tanaman, ada atau tidaknya lapisan lilin pada tanaman serta dapat dilihat dari banyaknya stomata yang ada di daun. Semakin banyak stomata yang ada pada daun, maka proses transpirasi pun akan lebih besar.<sup>18</sup>

Transpirasi yang berlangsung pada tumbuhan dapat memberikan beberapa keuntungan bagi tumbuhan tersebut. Keuntungan yang diberikan

<sup>16</sup> frank B Salisbury and W Ross, *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1* (Bandung: ITB, 1995), 1-241.

<sup>17</sup> D Dwidjoesepturo, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1994), 1-183.

<sup>18</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Padang: Rajawali Press, 1993), 1-201.



misalnya dalam mempercepat laju pengangkutan unsur hara melalui pembuluh xylem dan efisien dalam menjalankan proses pertumbuhannya. Keuntungan yang lainnya adalah transpirasi juga dapat menjaga turgiditas sel tumbuhan agar tetap pada kondisi optimal, dan sebagai salah satu cara untuk menjaga stabilitas suhu daun<sup>19</sup>

Setiap transpirasi memiliki perbedaan pada setiap tanaman. Setiap tanaman memiliki bentuk akar serta daun yang berbeda. Sehingga laju transpirasinya akan berbeda. Beberapa Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap transpirasi adalah temperatur disekitar tanaman dan curah hujan yang ada. Semakin tinggi curah hujan, maka akan semakin meningkat pula transpirasinya. Cara kerja transpirasi adalah air akan mengalir dari daun yang memiliki tingkat kelembaban tinggi menuju atmosfer yang lebih rendah, sehingga temperatur akan berpengaruh pula terhadap proses transpirasi.<sup>20</sup>

Transpirasi yang berlangsung secara optimal akan membuat Pengangkutan unsur hara menjadi lebih cepat. Sel tumbuhan yang berfungsi secara optimal pada tingkat turgiditas tertentu akan membuat laju transpirasi berjalan dengan normal, dimana jika turgiditasnya menjadi lebih rendah maka sel tersebut akan menurun fungsinya. Namun jika

---

<sup>19</sup> *Ibid*, hal 53-55.

<sup>20</sup> Sugeng Prijono, Moh Teguh, and Satya Laksana, 'Studi Laju Transpirasi *Peltophorum* *Dassyrachis* Dan *Gliricidia* *Sepium* Pada Sistem Budidaya Tanaman Pagar Serta Pengaruhnya Terhadap Konduktivitas Hidrolik Tidak Jenuh', 7.1 (2016), 15–24.

tekanan internal sel (turgor) melampaui batas elastisitas dinding sel, maka sel tersebut akan pecah. Transpirasi juga merupakan suatu proses pendinginan. Karena pada siang hari, radiasi matahari yang diserap daun akan mengalami peningkatan suhu daun. Jika transpirasi berlangsung maka peningkatan suhu daun ini dapat dihindari.

## 2. Fotosintesis

Fotosintesis merupakan proses pada tumbuhan hijau untuk menyusun senyawa organik dari karbondioksida dan air. Proses fotosintesis hanya akan terjadi jika ada cahaya dan melalui perantara pigmen hijau klorofil yang terletak pada organel sitoplasma tertentu yang disebut kloroplas.<sup>21</sup>

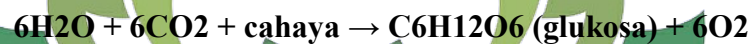
Fotosintesis merupakan proses pengubahan energi cahaya matahari menjadi energi kimia. Proses ini adalah suatu proses biokimia yang sangat kompleks, yang bertugas memproduksi energi terpakai atau nutrisi berupa karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) di bawah pengaruh cahaya yang diubah ke dalam senyawa organik yang berisi karbon dan kaya energi. Fotosintesis merupakan proses pengubahan, karena fotosintesis mengubah energi cahaya menjadi kimia dalam makanan.<sup>22</sup>

<sup>21</sup> Ricky Rinaldo Gulo, 'Fotosintesis', *Jurnal Biologi*, 2016, 1–31.

<sup>22</sup> Neil A Campbell and Jane B Reece, *Biologi Edisi*, 8 jilid 1 (Jakarta: Erlangga, 2012).

Fotosintesis berasal dari kata foton yang artinya cahaya, dan sintesis yang artinya menyusun. Dari kata fotosintesis sendiri dapat diartikan bahwa fotosintesis adalah penyusunan senyawa kimia yang memerlukan atau membutuhkan cahaya matahari. Gelombang cahaya matahari sendiri memiliki spectrum yang berbeda, sehingga cahaya yang didapat tanaman dalam berfotosintesis pun akan berbeda.<sup>23</sup>

Fotosintesis merupakan salah satu cara asimilasi karbon karena dalam fotosintesis karbon bebas dari CO<sub>2</sub> diikat (difiksasi) menjadi gula sebagai molekul penyimpan energi. Reaksi dalam fotosintesis yang menghasilkan glukosa ialah sebagai berikut:



Glukosa digunakan untuk membentuk senyawa organik lain seperti selulosa dan dapat digunakan untuk bahan bakar. Proses ini sendiri berlangsung melalui respirasi seluler.<sup>24</sup>

Peningkatan laju fotosintesis pada setiap tingkat naungan akan mencapai titik maksimum yang selanjutnya konstan. Pada saat konduktansi stomata rendah, secara proporsional tanaman menurunkan laju transpirasi sehingga air yang berada pada daun dapat

<sup>23</sup> Budi Utomo, *Fotosintesis Pada Tumbuhan* (Medan, 2008).

<sup>24</sup> Pertamawati, 'Pertumbuhan Tanaman Kentang ( *Solanum Tuberosum* L .) Dalam Lingkungan', *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12.1 (2010), 31–37.

dimanfaatkan secara efisien selama proses fotokimia dari fotosintesis.<sup>25</sup>

Dalam fotosintesis terdapat faktor – faktor yang mempengaruhi Fotosintesis. Fotosintesis merupakan aktivitas kompleks, dipengaruhi oleh banyak faktor, baik faktor internal maupun eksternal. Faktor internal menyangkut kondisi jaringan/ organ fotosintetik, kandungan klorofil, umur jaringan, aktivitas fisiologi yang lain seperti transpirasi, respirasi dan adaptasi fisiologis yang lain yang saling berkaitan. Faktor eksternal meliputi faktor klimatik seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, hujan, dan juga faktor cahaya, konsentrasi CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, kompetitor, dan organisme pathogen. Selain itu juga faktor penyebab timbulnya stress seperti ketersediaan air, ada polutan biosida dan zat-zat beracun lain. Kondisi excess pada berbagai faktor yang dibutuhkan dari lingkungan juga berpengaruh terhadap fotosintesis. Misal, logam-logam berat beracun, biosida, SO<sub>2</sub> dan juga O<sub>2</sub>.<sup>26</sup>

#### a. Fotosintesis C<sub>3</sub>

Tumbuhan C<sub>3</sub> merupakan tumbuhan yang membuka stomatanya pada pagi hari.

---

<sup>25</sup> Dwiwanti Sulistyowati, Muhammad Ahmad Chozin, and Muhamad Syukur, 'Karakter Fotosintesis Genotipe Tomat Senang Naungan Pada Intensitas Cahaya Rendah ( The Photosynthetic Characters of Loving-Shade Tomato Genotypes at Low Light Intensity )', *Jurnal Hort.*, 26.2 (2016), 181–88.

<sup>26</sup> *Loc. Cit* Fotosintesis. Hal. 10.

**2.1 Tabel karakteristik tanaman C3**

No	Karakteristik
1	Tanaman yang tumbuh dengan intensitas cahaya yang sedang
2	Memiliki jumlah air tanah yang berlimpah/tinggi
3	Hidup pada suhu kisaran 15 °C-25 °C
4	Sebagian besar merupakan tanaman pertanian seperti gandum, kedelai, kentang, kacang-kacangan dan kapas.

Tumbuhan C3 harus berada dalam daerah dengan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> yang tinggi. Hal ini terjadi karena Rubisco sering menyertakan molekul oksigen kedalam RuBp sebagai pengganti molekul karbondioksida.

Pada tumbuhan C3 enzim yang menyatukan CO<sub>2</sub> adalah Rubp (Ribulosa bifosfat karboksilase oksigenase). Rubp adalah substrat untuk pembentukan karbohidrat pada proses fotosintesis) pada proses awal asimilasi (enzim rubisco) juga dapat mengikat O<sub>2</sub> pada saat bersamaan untuk proses fotorespirasi (fotorespirasi merupakan respirasi dimana proses pembongkaran karbohidrat untuk menghasilkan energi dan hasil samping yang terjadi pada siang hari). Jika konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat, maka CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> akan lebih diuntungkan CO<sub>2</sub>, sehingga fotorespirasi terhambat dan asimilasi akan bertambah besar. Konsentrasi gas karbondioksida yang tinggi



dapat menurunkan rubisco untuk menyertakan molekul oksigen. Karena apabila terdapat molekul oksigen maka Rubp akan terpecah menjadi 3 atom karbon yang terdapat dalam siklus calvin dan 2 molekul glikolat akan dioksidasi karena adanya oksigen, menjadi karbondioksida yang akan menghabiskan energi.<sup>27</sup>

Daur reaksi ini disebut C3 karena senyawa yang pertama kali dihasilkan adalah senyawa dengan 3 atom karbon yaitu asam fosfoglisarat dari CO<sub>2</sub>, ribosa – 1,5 – bifosfat, dan H<sub>2</sub>O. Daur ulang ini satu molekul fosfoliseraldehida (PGAL) dibentuk dari fiksasi 3 molekul CO<sub>2</sub>. Reaksi tersebut adalah sebagai berikut:



Selanjutnya PGAL akan diubah menjadi glukosa. Evolusi tipe-tipe fotosintesis pada C3 ke CAM merupakan respon terhadap menurunnya rasio CO<sub>2</sub> atau O<sub>2</sub> dan atmosfer yang lebih kering dengan radiasi yang intensif.<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Mega putri. “fotosintesis tanaman C3”. *Scribd*. Desember 2012. Hal. 1

<sup>28</sup> Alif Intan Wibawani and Ainun Nikmatin Laily, ‘Identifikasi Tanaman Berdasarkan Tipe Fotosintesis Pada Beberapa Spesies Anggota Genus Ficus Melalui Pengamatan Anatomi Daun’, *El-Hayah*, 5.2 (2015), 43–47.

## b. Fotosintesis CAM

Daur CAM (Crassulacean Acid Metabolism) Daurl CAM merupakan fiksasi CO<sub>2</sub> pada spesies sukulen anggota famili Crassulaceae (misalnya kaktus, nenas) yang hidup di daerah kering.

**2.2 Table karakteristik tanaman CAM**

No	Karakteristik
1	Merupakan tanaman sukulen
2	Mempunyai daun tebal dan berdaging
3	Adaptif ditempat dengan intensitas cahaya yang tinggi/didaerah yang panas dan kering
4	Tanaman yang dapat beradaptasi didaerah gurun seperti kaktus
5	Contohnya adalah suku <i>Crassulaceae</i> , <i>Cactaceae</i> , <i>Bromeliaceae</i> , <i>Liliaceae</i> , <i>Agaveceae</i> , <i>Ananas comosus</i> , dan <i>Oncidium lanceanum</i>

Fiksasi yang menghasilkan asam malat terjadi pada malam hari pada saat stomata terbuka dan daurl Calvin yang menghasilkan glukosa terjadi pada siang hari pada saat stomata tertutup. Jadi fiksasi CO<sub>2</sub> pada tumbuhan CAM mirip dengan tumbuhan C<sub>4</sub>, perbedaannya pada tumbuhan C<sub>4</sub> terjadi pemisahan tempat sedangkan pada tumbuhan CAM terjadi pemisahan waktu. Kemampuan tumbuhan melaksanakan daurl CAM ditentukan secara genetis, tetapi kemampuan ini juga dikontrol oleh lingkungan. Umumnya CAM berlangsung lebih cepat pada siang hari yang panas dengan tingkat

cahaya yang tinggi dan malam hari yang dingin dan tanah yang kering seperti di gurun. Fiksasi CO<sub>2</sub> pada beberapa tumbuhan CAM dapat beralih ke daur C<sub>3</sub> setelah hujan atau suhu malam hari yang lebih tinggi daripada biasanya karena stomata terbuka lebih lama pada pagi hari.<sup>29</sup>

Pada Tumbuhan CAM penambatan CO<sub>2</sub>, dilakukan pada malam hari dan dibentuk senyawa asam malat dengan gugus 4-C. Asam malat merupakan senyawa yang digunakan sebagai energi pada tumbuhan dan sebagiannya disimpan sebagai cadangan makanan. Pada hari berikutnya (siang hari) pada saat stomata dalam keadaan tertutup terjadi dekarboksilasi asam malat akan terbentuk CO<sub>2</sub> dan asam piruvat. CO<sub>2</sub> ditambah oleh RuBP karboksilase. Jadi tumbuhan CAM mempunyai beberapa persamaan dengan kelompok C<sub>4</sub> yaitu dengan adanya dua tingkat sistem penambatan CO<sub>2</sub>. Pada tumbuhan C<sub>4</sub> terdapat pemisahan ilffig, yaitu mesofil dan seludang berkas pengangkut. Sementara itu, pada tumbuhan CAM pemisahannya bersifat sementara.<sup>30</sup>

tanaman CAM membuka stomatanya pada malam hari dan menutup pada siang hari. Pada malam hari stomata tanaman CAM membuka untuk menyerap CO<sub>2</sub>. Senyawa CO<sub>2</sub> yang kemudian diubah

---

<sup>29</sup> *Loc. Cit.* Campbell. Hal. 218.

<sup>30</sup> Murni Dwiati, 'Tumbuhan C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, Dan CAM', *Jurnal Biologi*, 2011, 24–37.

menjadi asam malat lalu disimpan dalam tanaman hingga keesokan hari saat fotosintesis mulai terjadi. Pada proses ini, CO<sub>2</sub> dilepas kembali untuk disintesa menjadi senyawa organik dalam siklus Calvin.<sup>31</sup>

Tanaman CAM dibagi menjadi empat jenis yaitu CAM idling, CAM cycling, CAM fakultatif dan CAM obligat. Dimana keempat jenis CAM ini memiliki perbedaan dari adaptasinya. CAM idling merupakan tipe CAM yang termasuk kedalam tipe CAM kuat. CAM cycling adalah tipe CAM yang stomatanya menutup baik siang maupun malam, pembentukan asam organik dilakukan pada malam hari dari aktifitas pernafasan jaringan tanaman. CAM fakultatif adalah tanaman C<sub>3</sub> yang beralih atau berubah menjadi CAM karena keterbatasan air (cekaman) atau cahaya yang berlebihan. Sedangkan CAM obligat adalah tipe CAM dengan akumulasi asam organik yang tinggi pada malam hari dan fiksasi CO<sub>2</sub> dilingkungan yang optimal. Tanaman yang mengalami kekeringan sangat rendah P<sub>N</sub>, sama rendahnya DH+ dan tidak ada CO yang bertukar. Signifikansi pengoperasian CAM yang begitu rendah berada dalam konservasi air, bukan akuisisi karbon.<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Loc, Cit. Saputri and Wahyuni.

<sup>32</sup> Ana Herrera, 'Crassulacean Acid Metabolism-Cycling in Euphorbia Milii', *Journal for Plant Sciences*, 2013, 1–10 <<https://doi.org/10.1093/aobpla/plt014>>.

#### D. Stomata

Stomata berasal dari kata Yunani: stoma yang mempunyai arti lubang atau porus. Stoma yang dalam bentuk jamak: stomata adalah celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang khusus, yaitu sel penutup atau *guard cell*.<sup>33</sup>

Stomata dapat ditemukan pada bagian tumbuhan yang berhubungan dengan udara terutama di sekitar daun, batang dan rizoma. Stomata terdapat pada permukaan bawah daun, namun ada beberapa spesies tumbuhan dengan stomata pada permukaan atas dan bawah daun. Stomata berperan penting bagi kehidupan tumbuhan, karena pori stomata merupakan celah tempat terjadinya pertukaran gas dan air antara atmosfer dengan sistem ruang antar sel yang berada pada jaringan mesofil di bawah epidermis. Stomata sendiri berperan penting dalam proses fotosintesis, karena proses terjadinya fotosintesis pada tumbuhan berada di stomata. Keadaan stomata pada tumbuhan dipengaruhi beberapa faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor-faktor internal meliputi ukuran daun, tebal tipisnya daun, ada tidaknya lapisan lilin pada permukaan daun, banyak sedikitnya bulu pada permukaan daun dan lain-lain. Sedangkan untuk faktor-faktor eksternal seperti suhu, intensitas cahaya, kelembapan udara, kandungan air dan lain-lain.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> *Loc. Cit*, frank Salisbury. Hal. 74.

<sup>34</sup> Purri Rahayu, Ainur Rofieq, and Muizzudin, 'Perbedaan Anatomi Jaringan Stomata Berbagai Daun Genus Allamanda', in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2015*,



Stomata adalah modifikasi jaringan epidermis yang terspesialisasi menjadi sebuah organ berperan dalam mengatur keluar masuknya udara dan air pada daun. Pengaturan udara dan air dilakukan oleh sepasang sel penjaga yang memiliki celah diantara dua sel tersebut. Ukuran celah diatur dengan mekanisme perubahan bentuk dari sel penjaga tersebut dan selalu aktif bekerja, kecuali pada saat tumbuhan mengalami dehidrasi. Daun yang mengapung stomata terbatas pada epidermis atas saja, sedangkan pada daun tenggelam tidak mempunyai stomata.<sup>35</sup> Membuka dan menutupnya stomata tergantung dari turgor sel penutup, ketersediaan air dalam sel tumbuhan yang cukup memungkinkan stomata membuka secara optimal.<sup>36</sup>

“Dalam buku Salisbury dan Ross dikatakan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi membuka dan menutupnya stomata yaitu: faktor eksternal: kadar asam absisat (ABA), konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan Intensitas cahaya matahari. Cahaya matahari membuat sel penutupan menyerap air dan ion K<sup>+</sup>, sehingga stomata dapat membuka pada pagi hari. Sedangkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang rendah di dalam daun juga menyebabkan stomata membuka. Sedangkan Faktor internal: Jam Biologis memicu serapan ion pada pagi hari sehingga membuka, sedangkan malam hari adanya pembebasan ion yang menyebabkan stomata menutup”.<sup>37</sup>

---

*Diselenggarakan Oleh Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang (Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2015), pp. 686–93.*

<sup>35</sup> Raras Setyo Retno, ‘Identifikasi Tipe Stomata Pada Daun Tumbuhan Xerofit (*Euphorbia Splendens*), Hidrofit (*Ipomoea Aquatica*), Dan Mesofit (*Hibiscus Rosa-Sinensis*)’, *Jurnal Florea*, 2.2 (2015), 28–32.

<sup>36</sup> Hesty Taluta Ester, Henny L Rampe, and Marhaenus J Rumondor, ‘Pengukuran Panjang Dan Lebar Pori Stomata Daun Beberapa Varietas Tanaman Kacang Tanah ( *Arachis Hypogaea* L .)’ , *Jurnal MIPA Unsrat*, 6.2 (2017), 1–5.

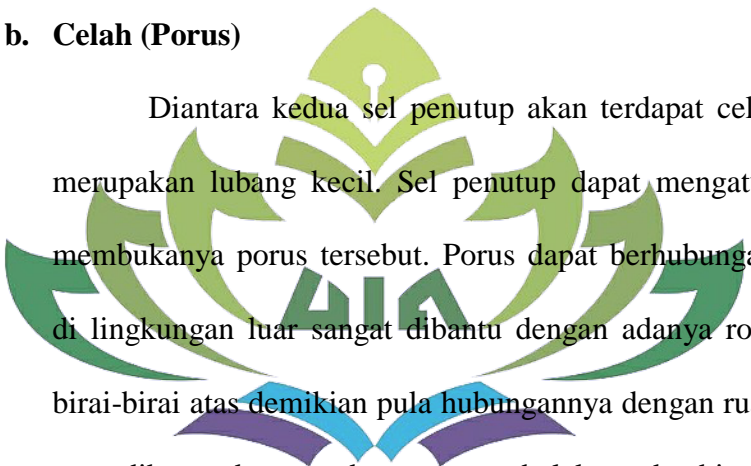
<sup>37</sup> *Loc. Cit* . Salisbury and Ross hal 80-84.

## 1. Bagian-bagian stomata

### a. Sel penutup

Sel penutup terdiri dari sepasang sel yang kelihatannya simetris, umumnya berbentuk ginjal, pada dinding sel atas dan sel bawah kelihatan pula adanya alat yang berbentuk sebagai tirai. Kadang-kadang birai tersebut hanya terdapat pada dinding sel bagian atas.

### b. Celah (Porus)



Diantara kedua sel penutup akan terdapat celah (porus) yang merupakan lubang kecil. Sel penutup dapat mengatur menutup dan membukanya porus tersebut. Porus dapat berhubungan dengan udara di lingkungan luar sangat dibantu dengan adanya rongga depan dan birai-birai atas demikian pula hubungannya dengan ruang udara dalam yang dibantu dengan adanya rongga belakang dan birai-birai bawah.

### c. Sel tetangga

Sel tetangga adalah sel-sel yang memang berdampingan atau yang berada di sekitar sel-sel penutup atau dapat dikatakan juga mengelilingi sel-sel penutup. Sel-sel tetangga tadi dapat terdiri dari dua buah atau lebih secara khusus melangsungkan fungsinya dengan berasosiasi dengan sel-sel penutup. Sel-sel tetangga yang dinamakan pula sebagai “subsidiary cells” keadaannya memang dapat dibedakan dari sel-sel epidermis lainnya.

#### d. Ruang udara dalam

Ruang udara dalam merupakan suatu ruang antar sel yang besar, yang berfungsi ganda yaitu bagi fotosintesis, transpirasi dan juga respirasi. Ruang udara dalam ini memiliki hubungan yang teratur dengan ruang-ruang antar sel lainnya sampai yang letaknya di bagian dalam. Keadaan demikian sangat menjamin hubungan yang lancar antara bagian dalam dengan udara luar, terutama dalam pelaksanaan pertukaran gas, seperti misalnya gas CO<sub>2</sub> yang sangat penting bagi penyelenggaraan proses fotosintesis.<sup>38</sup>

#### 2. Tipe-tipe stomata

Menurut schwendener tipe stomata dibagi menjadi 4 dilihat berdasarkan penebalan-penebalan ada sel penutupnya, diantaranya:

##### a. Type Graminea

Tipe ini memiliki sel penutup dengan bentuk halter dengan dinding bagian tengah sel penutup tebal karena sebagai penopang halter. Pada ujung dinding sel tipis, sedangkan dinding atas dan bawah tebal. Tipe stomata jenis ini dapat dijumpai pada *Gramineae poaceae*, dan *Cyperaceae*.

---

<sup>38</sup> *Op.Cit.* Lakitan, hal. 138-139.

b. Type Helleborus

Stomata tipe ini memiliki sel penutup yang berbentuk seperti ginjal jika dilihat dari atas. Dinding sel pada punggung dan perut tipis, sedangkan dinding atas dan bawah tebal.

c. Type Amaryllidaceae

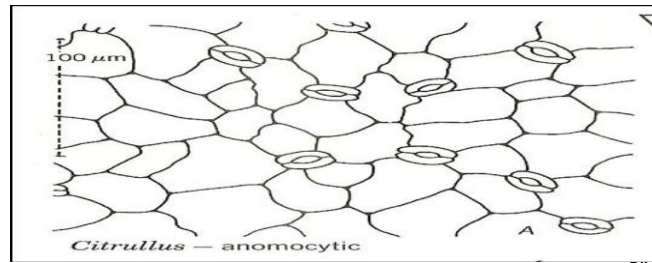
Tipe ini memiliki sel penutup yang berbentuk ginjal, dengan dinding punggung tipis, dan dinding perut tebal. Dinding bagian atas dan dinding bagian bawah mengalami penebalan kutikula. Sel tetangganya berbatasan dengan sel penutup. Tipe stomata ini dapat ditemukan pada tanaman jenis dikotil dan beberapa monokotil.

d. Type Minium

Tipe ini memiliki ciri yang hampir sama dengan tipe Amaryllidaceae memiliki sel penutup berbentuk ginjal. Namun pada tipe ini dinding perutnya tipis, sedangkan dinding lainnya ada yang tebal dan ada yang tipis. Tipe ini dimiliki oleh tanaman jenis *Pteridophyta* dan *Bryophyta*.

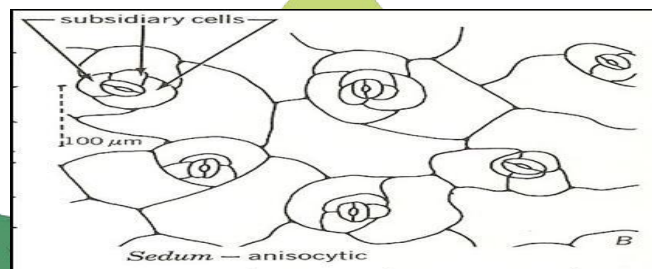
Sedangkan yang termasuk tipe stomata pada dikotil berdasarkan susunan sel epidermis yang berdekatan dengan sel tetangga ada 5 yaitu:

1. Anomositik/Ranunculaceous yaitu sel penutup dikelilingi oleh sejumlah sel tertentu yang tidak berbeda dengan epidermis yang lain dalam bentuk maupun ukurannya. Terdapat pada Ranunculaceae, Capparidaceae, Cucurbitaceae dll.



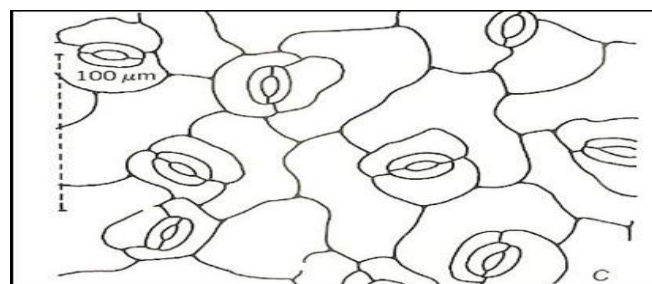
**Gambar 2.7 Tipe Stomata Anomositik<sup>39</sup>**

2. Anisositik/Cruciferous yaitu setiap sel penutup dikelilingi oleh 3 sel tetangga yang ukurannya tidak sama, terdapat pada Cruciferae, Solanaceae.



**Gambar 2.8 Tipe Stomata Anisositik<sup>40</sup>**

3. Parasitik/Rubiaceous yaitu tiap sel penjaga bergabung dengan satu atau lebih sel tetangga, sumbu membujurnya sejajar dengan sumbu sel tetangga dan apertur, terdapat pada Rubiaceae dan Magnoliaceae.



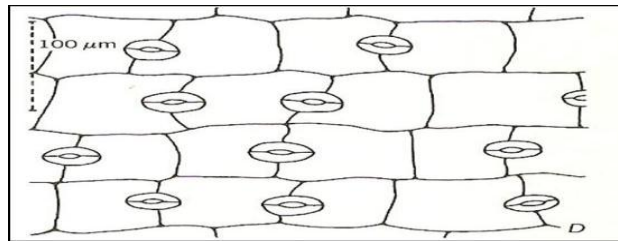
**Gambar 2.9 Tipe Stomata Parasitik<sup>41</sup>**

<sup>39</sup>Tatang S Suradinata, *Struktur Tumbuhan* (Bandung: PT. Angkasa 1998, 1998).

<sup>40</sup>*Ibid*, Suradinata, hal 65.

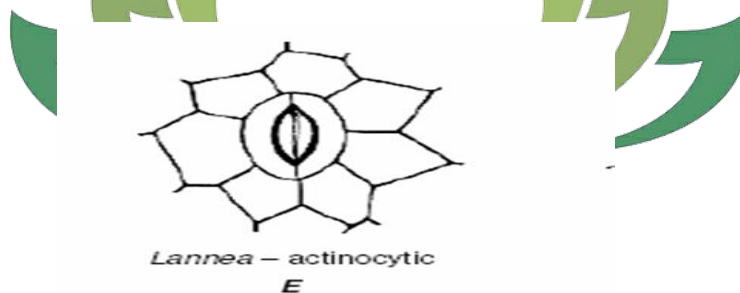


4. Diasitik/Cariophyllaceus yaitu setiap sel penutup dikelilingi oleh dua sel tetangga dengan dinding sel yang membentuk sudut siku-siku terhadap sumbu membujur stoma, terdapat pada Cariophyllaceae dan Acanthaceae.



**Gambar 2.10 Tipe Stomata Diasitik<sup>42</sup>**

5. Aktinositik yaitu setiap sel penutup dikelilingi oleh sel tetangga yang menyebar dalam radius.<sup>43</sup>



**Gambar 2.11 Tipe Stomata Aktinositik<sup>44</sup>**

## E. Analisis Materi Pembelajaran

Tujuan pembelajaran biologi adalah agar dapat mengembangkan pengetahuan praktikum dari metode biologi untuk memecahkan masalah kehidupan individu dan sosial serta mengembangkan cara berfikir ilmiah

<sup>41</sup> Ibid, Suradinata, hal 66.

<sup>42</sup> Ibid, Tatang Suradinata, hal 66.

<sup>43</sup> Loc, Cit. sri haryanti. Hal 22.

<sup>44</sup> Ibid, Tatang Suradinata. hal 65.

melalui proses sains berupa penelitian dan percobaan. Materi biologi ini terdapat di SMA yang diajarkan pada kelas XII semester ganjil, yaitu pada SK 2 mengenai fotosintesis.

Agar kompetensi dasar yang diharapkan dapat dicapai oleh peserta didik, perlu diadakannya kegiatan praktikum. Hal ini dilakukan guna peserta didik dapat menjelaskan proses fotosintesis dan memahami mekanisme membuka dan menutupnya stomata melalui kegiatan praktikum atau percobaan. Dalam memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa serta pengkaitan materi dengan lingkungan, maka diperlukan metode pembelajaran yang tepat. Berkaitan dengan uraian materi fotosintesis kelas XII semester ganjil, maka digunakan metode eksperimen.

Metode eksperimen adalah metode yang mengenalkan secara langsung kepada siswa mengenai proses terjadinya buka-tutup stomata melalui kegiatan praktikum atau percobaan. Sehingga siswa dapat secara langsung mempraktekkannya, melihat proses fotosintesis, serta dapat mengkaitkan antara teori dan percobaan yang dilakukan.

Melalui metode eksperimen siswa dapat belajar bagaimana bersikap ilmiah, memecahkan masalah, berfikir lebih kritis, terciptanya pengalaman praktik, lebih terampil dalam menggunakan alat-alat laboratorium, dan mendapatkan ilmu pengetahuan yang lebih.

## F. Kerangka Pemikiran

Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) merupakan tanaman herba yang berukuran 10-15 cm dan dapat berumur panjang. Tanaman ini dikenal sebagai tanaman yang mudah tumbuh karena dapat distek dari daun (tunas adventif). Cocor bebek tidak membutuhkan perlakuan dan pemeliharaan khusus untuk dibudidayakan.

Cocor bebek termasuk tanaman sukulen yang membutuhkan air. Daunnya yang tebal dan berair digunakan untuk dapat bertahan hidup di daerah yang panas dan juga kering. Selain digunakan untuk bertahan hidup air pada cocor bebek juga digunakan untuk melakukan fotosintesis.

Cocor bebek termasuk tanaman yang memiliki jalur fotosintesis C3. Pada jalur fotosintesis C3 stomatanya membuka dipagi hari dan melakukan fotosintesis dipagi hari dimana tanaman C3 ini memiliki kandungan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer yang lebih tinggi. Namun tanaman C3 akan memproduksi sedikit makanan jika stomata tertutup. Seperti yang diketahui bahwa C3 membuka stomata pada pagi hari dan memerlukan air yang cukup banyak.

Tanaman yang dominan membutuhkan air akan mengalami cekaman/stress ketika dalam jangka waktu yang lama tidak disiram. Sehingga ukuran stomata akan mengecil ketika mengalami dehidrasi. Cocor bebek yang mengalami cekaman akan mengubah jalur fotosintesisnya dari C3 yang

dominan air menjadi CAM yang tidak terlalu menyukai air dan membuka stomatanya di malam hari.

Perubahan jalur fotosintesis cocor bebek yang sebelumnya C3 menjadi CAM karena mengalami cekaman akan mempengaruhi jalur fotosintesis pada cocor bebek yang awalnya melakukan fotosintesis di pagi hari, menjadi berfotosintesis di malam hari. Selain fotosintesis perubahan jalur fotosintesis ini akan mempengaruhi transpirasi yang ada pada cocor bebek karena telah beralih ke CAM.

Jalur fotosintesis CAM merupakan jalur fotosintesis yang stomatanya membuka di malam hari, sehingga fotosintesisnya terjadi di malam hari. Jalur fotosintesis yang dimiliki CAM memiliki beberapa tipe diantaranya CAM fakultatif, CAM cycling, CAM idling, dan CAM obligat. Untuk melihat jalur fotosintesis pada CAM dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya konduktansi stomata (buka-tutup stomata). Pada konduktansi stomata akan dilihat proses pembukaan dan penutupan stomata yang terjadi pada pagi hari dan malam hari.

Dengan adanya penelitian ini, peneliti juga berharap dapat berguna bagi peserta didik agar dapat berlatih menggunakan metode ilmiah dalam berbagai masalah dan membuat peserta didik dapat berfikir kreatif. Selain itu dapat digunakan sebagai sumber praktikum pada materi fotosintesis, yang berkaitan dengan proses pembukaan dan penutupan stomata serta keahlian peserta didik dalam pengambilan bahan-bahan yang digunakan untuk proses

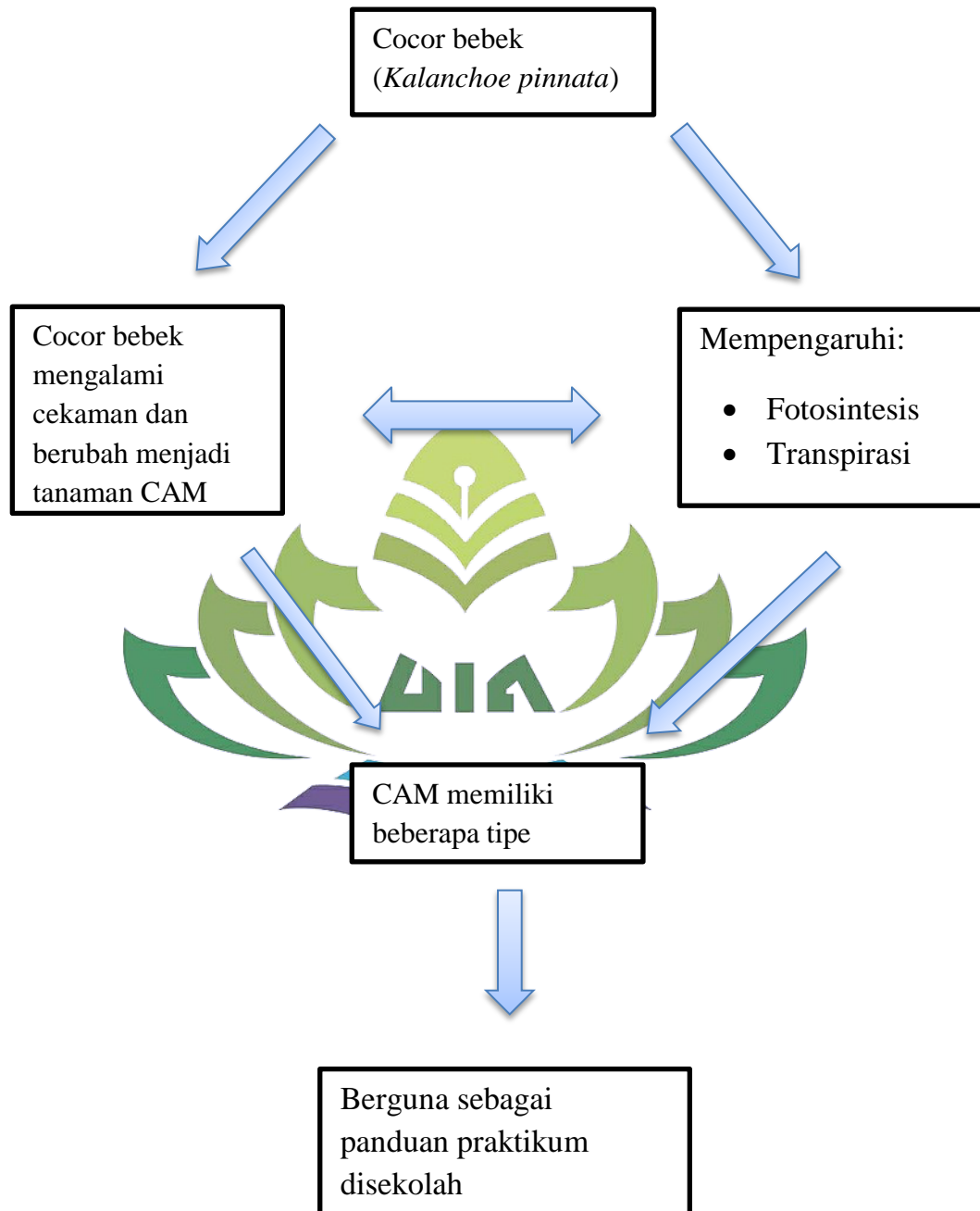
fotosintesis. Pada kondisi lingkungan yang berbeda dalam penelitian ini, peserta didik dapat melihat bentuk stomata cocor bebek yang sangat berkaitan dengan materi fotosintesis.

Pembukaan-penutupan stomata pada penelitian ini menggunakan tanaman *Kalanchoe pinnata* atau yang biasa dikenal dengan cocor bebek. Dimana pada tumbuhan yang akan diteliti ini mempunyai perlakuan berupa dilakukannya penyiraman sesuai pemeliharaannya dan tidak disiram sama sekali. Dari tanaman yang tidak disiram sama sekali akan dihasilkan tanaman yang mengalami cekaman/stress air. Dari perlakuan ini akan dilihat tipe CAM yang ada pada cocor bebek melalui buka-tutup stomata (konduktansi stomata). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang bermakna bagi peserta didik, sehingga diperlukan metode pembelajaran yang cocok dan mudah dipahami oleh peserta didik.

Dengan menggunakan penelitian eksperimen, peserta didik dapat belajar bukan hanya di dalam ruangan saja tetapi juga diluar ruangan. Proses belajar tidak terjadi karena adanya interaksi individu dengan individu, namun juga dengan lingkungan terutama alam dan sekitarnya.



Berikut kerangka berfikir dalam penelitian:



### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### A. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada dua tempat yaitu kotabumi sebagai tempat pengambilan sampel cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) yang dilakukan penyesuaian suhu dan kelembaban terlebih dahulu. Penelitian kedua dilakukan di laboratorium terpadu prodi pendidikan biologi fakultas tarbiyah dan keguruan UIN Raden Intan Lampung, yang bertujuan untuk melihat pembukaan dan penutupan stomata pada cocor bebek yang mengalami cekaman serta guna melihat tipe CAM pada stomata yang ada pada cocor bebek.

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan selama satu minggu yang dimulai pada bulan September 2018 dengan waktu pengambilan sampel pada pagi dan malam hari.

##### B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera digital, mikroskop cahaya, mikrometer okuler, higrometer, objek glass, gunting, dan alat tulis. Alat – alat ini digunakan untuk melihat pembukaan dan penutupan stomata, dan tipe CAM pada stomata yang ada pada cocor bebek.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa kutek transparan, tisu, kertas label, isolatip transparan, serta satu helai daun cocor bebek.

### C. Sampel Penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah daun cocor bebek. Sampel tanaman cocor bebek diambil dari hasil stek daun yang kemudian dilakukan aklimatisasi lingkungan terlebih dahulu.

Aklimatisasi merupakan proses adaptasi tanaman terhadap lingkungan karena terjadi pemindahan tempat pembiakan pada tanaman dari suatu tempat ke lingkungan baru sehingga membutuhkan penyesuaian terhadap lingkungan baru.<sup>1</sup>

Sampel diambil dari 18 tanaman cocor bebek yang diambil daunnya sebanyak 1 helai pada bagian tengah. Sampel diambil pada bagian tengah dengan tujuan pada bagian tengah merupakan bagian yang memiliki stomata lebih banyak dibandingkan bagian ujung dan pangkal. Sampel diambil dari daun cocor bebek yang tidak mengalami cacat daun.

Sampel diambil mulai pukul 07.15 guna melihat pembukaan stomata dan mulai pukul 19.15 guna melihat perubahan pembukaan stomata setelah berubah ke CAM dengan melakukan 2 kali pengulangan dengan perlakuan yang sama.

### D. Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan laboratorik. Metode deskriptif merupakan metode yang memberikan

---

<sup>1</sup> N Nova Kristina and others, 'Multiplikasi Tunas, Perakaran Dan Aklimatisasi Tanaman Sambang Nyawa ( Gynura Procumbens ) Pemindahan Tanaman Dari Lingkungan', 2005, 56–64.

gambaran serta deskripsi dari data yang didapat tanpa adanya kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi.<sup>2</sup> Artiya dengan metode deskriptif ini dapat menggambarkan perubahan stomata pada cocor bebek yang mengalami cekaman melalui buka-tutup (konduktansi stomata) yang terjadi dipagi dan malam hari. Pendekatan laboratorik bertujuan untuk mengetahui tipe stomata pada cocor bebek.

Metode yang digunakan untuk melihat tipe CAM melalui buka-tutup stomata (konduktansi stomata) adalah metode replika. Metode ini dilakukan dengan mengoleskan kutek bening pada permukaan atas dan bawah daun cocor bebek.<sup>3</sup>

## **E. Cara Kerja**

### **1. Tahap Persiapan**

Peneliti terlebih dahulu menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk melihat tipe CAM pada cocor bebek yang mengalami cekaman melalui buka-tutup stomata (konduktansi stomata) dan melihat tipe stomata dari cocor bebek. Alat dan bahan yang dipersiapkan dalam penelitian ini berupa kamera digital, mikroskop elektron, mikrometer okuler, higrometer, objek glass, cover glass, gunting, alat tulis, kutek transparan, tisu, kertas label, isolatip transparan, serta satu helai daun cocor bebek. Peneliti melakukan studi literatur yang berkaitan dengan objek penelitian

<sup>2</sup> Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan RnD* (Bandung: Alfabeta, 2016).

<sup>3</sup> Asep Zainal Mutaqin and others, 'Studi Anatomi Stomata Daun Mangga ( *Mangifera Indica* ) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan', *Jurnal Biodjati*, 1.1 (2016), 13–18.

## 2. Tahap Penelitian

Peneliti membuat preparat dari daun cocor bebek dengan menggunakan metode replika atau cetakan. Preparat akan diteliti dan dilihat pembukaan stomata dan penutupan stomatanya sehingga dapat menentukan tipe CAM pada cocor bebek yang mengalami cekaman, dan melihat tipe stomata dari cocor bebek. Tahap pembuatan preparat adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
- b. Membersihkan helaian tengah daun cocor bebek dengan menggunakan tisu untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada daun
- c. Mengoleskan permukaan daun cocor bebek pada bagian tengah daun dengan menggunakan kutek transparan secara tipis dan menunggu sampai kutek mengering
- d. Menempelkan isolatip transparan pada permukaan daun cocor bebek yang telah diolesi kutek transparan dan sudah mengering
- e. Memijat secara perlahan namun tidak ditekan pada permukaan daun yang telah ditempel isolasi transparan dengan jari, agar kutek dapat menempel pada isolasi secara merata
- f. Melepaskan isolatip dari daun secara perlahan kemudian menempelkannya pada objek glass

- g. Meratakan isolatip yang telah ditempelkan di objek glass secara memberikan keterangan dengan label pada setiap objek glass
- h. Mengamati pembukaan dan penutupan stomata dari cocor bebek serta mengamati tipe stomata daun cocor bebek dengan menggunakan mikroskop elektron<sup>4</sup>

#### **F. Analisis Data**

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan cara deskriptif kualitatif. Analisis deskriptif kualitatif adalah penyajian data yang disajikan dalam bentuk fakta yang nyata sebagaimana adanya, dalam penelitian ini peneliti menyajikan analisis data berupa gambar atau foto yang disertai dengan uraian deskripsi dari gambar.<sup>5</sup>

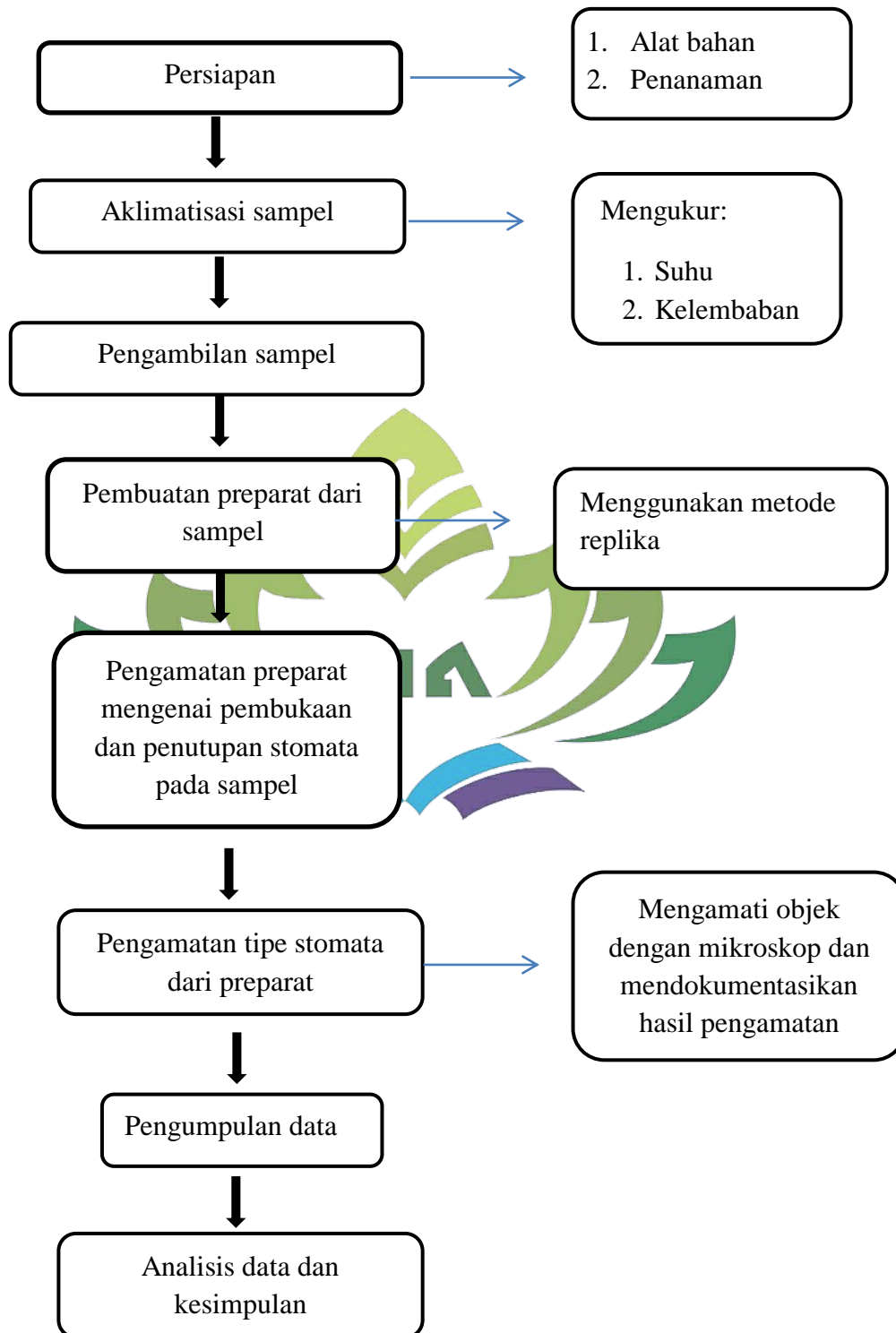
---

<sup>4</sup> Sri Haryanti, 'Jumlah Dan Distribusi Stomata Pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil Dan Monokotil', *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XVIII.2 (2010), 21–28.

<sup>5</sup> Sugiyono, *ibid.* hal 148



### G. Alur Kerja Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

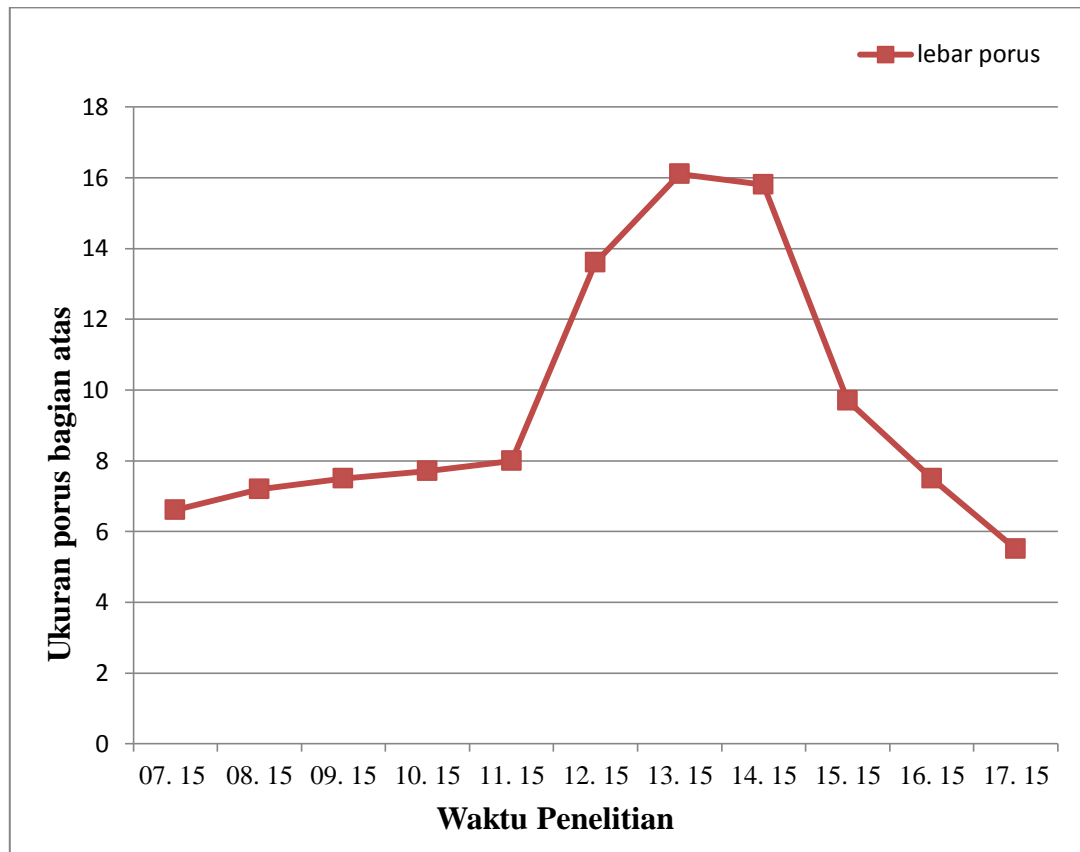
#### A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi rerata ukuran lebar porus stomata pada daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. Dimana sampel stomata daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers di ambil di daerah asal peneliti yaitu Kotabumi Lampung Utara. Sampel berjumlah 18 polybag dengan dua perlakuan yang berbeda yaitu 9 polybag disiram setiap hari dan 9 polybag tidak disiram selama dua minggu. Perlakuan tidak disiram selama 2 minggu ini diberikan dengan tujuan agar tanaman cocor bebek mengalami cekaman dan akan mengalihkan jalur fotosintesisnya dari jalur fotosintesis C3 menjadi CAM yang membuka stomatanya di malam hari. Sampel penelitian diambil setiap 1 jam sekali, guna untuk melihat perbedaan panjang dan lebar stomatanya. Hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

**Tabel 4.1 Rerata lebar porus stomata adaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. pada pukul 07.15 – 17.15**

No	Waktu (WIB)	Rerata lebar porus stomata adaksial pada daun cocor bebek <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. ( $\mu\text{m}$ )
1	07.15	6,6
2	08.15	7,2
3	09.15	7,5
4	10.15	7,7
5	11.15	8,0
6	12.15	13,6
7	13.15	16,1
8	14.15	15,8
9	15.15	9,7
10	16.15	7,5
11	17.15	5,5

Dari hasil penelitian di atas dapat dilihat bahwa pada waktu pengambilan sampel pertama yaitu pada pukul 07.15 WIB dengan lebar porus stomata yaitu sekitar 6,6  $\mu\text{m}$ . Pembukaan stomata mencapai waktu paling maksimal yaitu pada pukul 13.15 WIB yaitu dengan rerata lebar mencapai 16,1  $\mu\text{m}$ . Sedangkan mulai dari pukul 14.15 WIB hingga pukul 17.15 WIB rerata lebar porus stomata bagian atas daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. mengalami penurunan hingga rerata lebar porus mencapai 5,5  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.1 grafik rerata lebar porus stomata adaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. pada pukul 07.15 – 17.15**

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa rerata lebar stomata pada cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. mengalami kenaikan yang tidak terlalu jauh, namun rerata lebar porus stomata mengalami kenaikan grafik yang cukup tinggi yaitu mulai pukul 11.15 WIB hingga pukul 13.15 WIB. Dimana grafik rerata lebar porus stomata mengalami kenaikan 3,1 µm hingga 5,6 µm. Rerata lebar porus stomata pun mengalami grafik penurunan pada pukul 14.15 WIB hingga pukul 17.15 WIB. Penurunan grafik paling tinggi terjadi antara pukul 14.15 WIB hingga pukul 15.15 WIB yaitu

sekitar 6,1  $\mu\text{m}$ . Sedangkan grafik penurunan lebar porus stomata antara pukul 15.15 WIB hingga pukul 17.15 WIB mengalami penurunan stabil yaitu sekitar 2 $\mu\text{m}$  setiap jamnya.

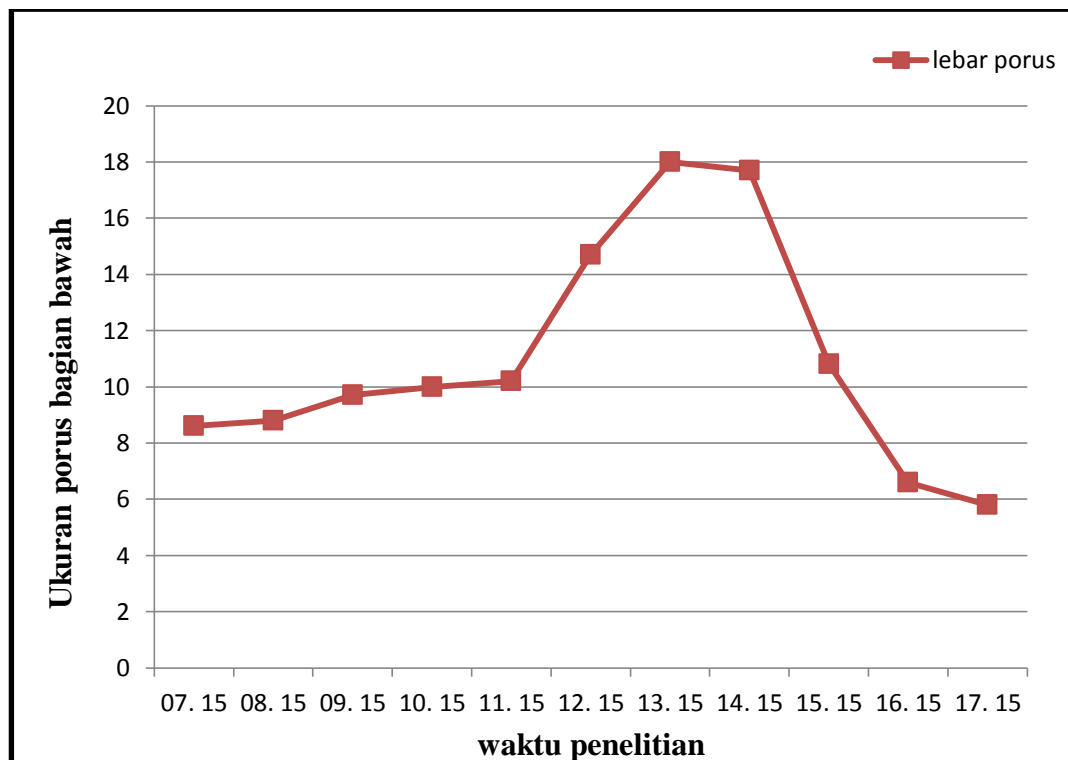
Sedangkan untuk rerata lebar porus stomata abaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. diperoleh hasil berupa tabel sebagai berikut:

**Table 4.2 Rerata lebar porus stomata abaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. pada pukul 07.15 – 17.15**

No	Waktu (WIB)	Rerata lebar porus stomata abaksial pada daun cocor bebek <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. ( $\mu\text{m}$ )
1	07.15	8,6
2	08.15	8,8
3	09.15	9,7
4	10.15	10
5	11.15	10,2
6	12.15	14,7
7	13.15	18,0
8	14.15	17,7
9	15.15	10,8
10	16.15	6,6
11	17.15	5,8

Dari hasil penelitian di atas diperoleh bahwa rerata lebar porus stomata abaksial mengalami kenaikan yang tidak terlalu jauh setiap jamnya. Rerata lebar porus paling tinggi mencapai lebar maksimal yaitu sekitar 18  $\mu\text{m}$  pada

pukul 13.15 WIB dan mengalami penurunan sekitar 6,9  $\mu\text{m}$  antara pukul 14.15 WIB hingga pukul 15.15 WIB. sedangkan antara pukul 15.15 WIB hingga pukul 17.15 WIB penurunan rerata lebar porus tidak terlalu besar.



**Gambar 4.2** grafik rerata lebar porus stomata abaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. pada pukul 07.15 – 17.15

Berdasarkan gambar grafik di atas diperoleh hasil bahwa grafik rerata lebar porus mengalami kenaikan pada setiap jamnya secara stabil. Namun pada pukul 11.15 WIB hingga pukul 13.15 WIB grafik mengalami kenaikan yang cukup tinggi yaitu sekitar 3,3  $\mu\text{m}$  hingga 4,5  $\mu\text{m}$ . Sedangkan pada pukul 14.15 WIB hingga pukul 15.15 WIB grafik mengalami penurunan dari 17,1



$\mu\text{m}$  menjadi  $10,8 \mu\text{m}$ . Pada saat pukul 16.15 WIB grafik mengalami penurunan yang tidak terlalu besar dan penurunannya pun stabil.

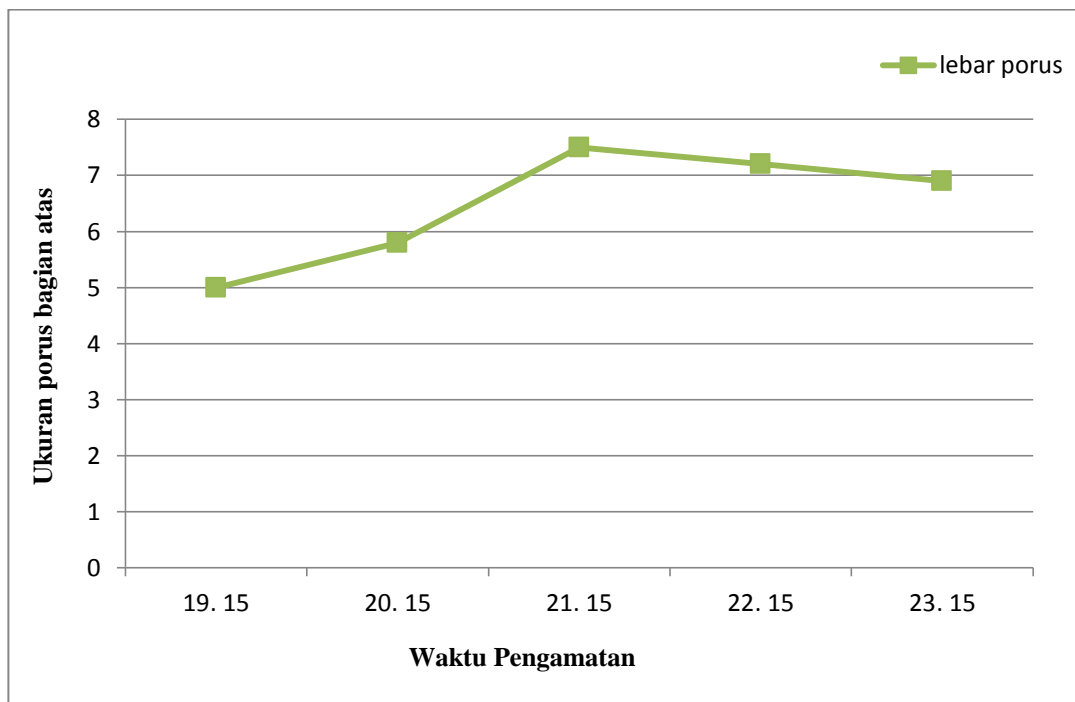
Sedangkan cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang diberi perlakuan tidak disiram selama 2 minggu dengan tujuan untuk melihat perubahan jalur fotosintesisnya diperoleh hasil dalam bentuk tabel. Penelitian yang dilakukan pada malam hari ini juga melihat rerata panjang dan lebar porus atas serta panjang dan lebar porus bawah. Tabel hasil penelitian rerata panjang dan lebar porus stomata pada daun cocor bebek yang diambil pada malam hari adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.3 Rerata lebar porus stomata adaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang diambil pada malam hari pukul 19.15 – 23.15**

No	Waktu (WIB)	Rerata lebar porus stomata adaksial pada daun cocor bebek <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. ( $\mu\text{m}$ )
1	19.15	5
2	20.15	5,8
3	21.15	7,5
4	22.15	7,2
5	23.15	6,9

Dari hasil tabel di atas diketahui bahwa rerata lebar stomata bagian atas pada daun cocor bebek yang telah beralih jalur fotosintesisnya dari C3 menjadi CAM mengalami kenaikan setiap jam. Sampel diambil mulai pukul

19.15 WIB hingga pukul 23.15 WIB. Rerata lebar porus stomata adaksial mengalami kenaikan maksimal pada pukul 21.15 WIB yaitu 7,6  $\mu\text{m}$ . Namun pada pukul 22.15 WIB hingga 23.15 WIB rerata lebar porus mengalami penurunan hingga 6,9  $\mu\text{m}$ .



**Gambar 4.3 grafik rerata lebar porus stomata adaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang diambil pada malam hari pukul 19.15 – 23.15**

Berdasarkan gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa grafik rerata lebar porus stomata adaksial mengalami kenaikan antara pukul 20.15 WIB hingga 21.15 WIB. Lebar porus mencapai ukuran maksimal yaitu 7,5  $\mu\text{m}$  yaitu pada pukul 21.15 WIB, sedangkan antara pukul 21.15 WIB hingga

pukul 23.15 WIB lebar porus stomata adaksial mengalami penurunan hingga 6,9  $\mu\text{m}$ .

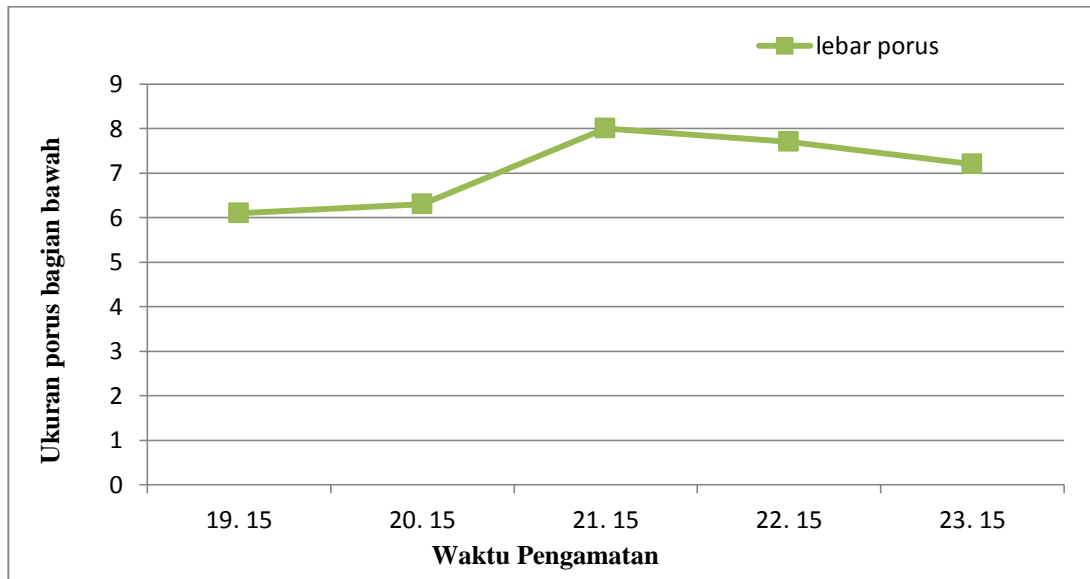
Hasil penelitian lebar porus stomata abaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang mana sampel diambil pada malam hari yaitu pada pukul 19.15 – 23.15 diperoleh hasil berupa tabel. Tabel penelitian rerata lebar porus bawah stomata daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang diambil pada malam hari pukul 19.15 – 23.15 adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.4**  
**Rerata lebar porus stomata abaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang diambil pada malam hari pukul 19.15 – 23.15**

No	Waktu (WIB)	Rerata lebar porus stomata abaksial pada daun cocor bebek <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. ( $\mu\text{m}$ )
1	19.15	6,1
2	20.15	6,3
3	21.15	8
4	22.15	7,7
5	23.15	7,2

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa rerata lebar porus stomata pada pukul 19.15 WIB adalah 6,1  $\mu\text{m}$ . Rerata lebar porus abaksial mencapai lebar maksimal yaitu 8  $\mu\text{m}$  pada pukul 21.15 WIB. Namun mulai pukul 22.15

WIB hingga 23.15 WIB rerata lebar porus stomata abaksial mengalami penurunan hingga rerata lebar porus abaksial mencapai 7,2  $\mu\text{m}$ .

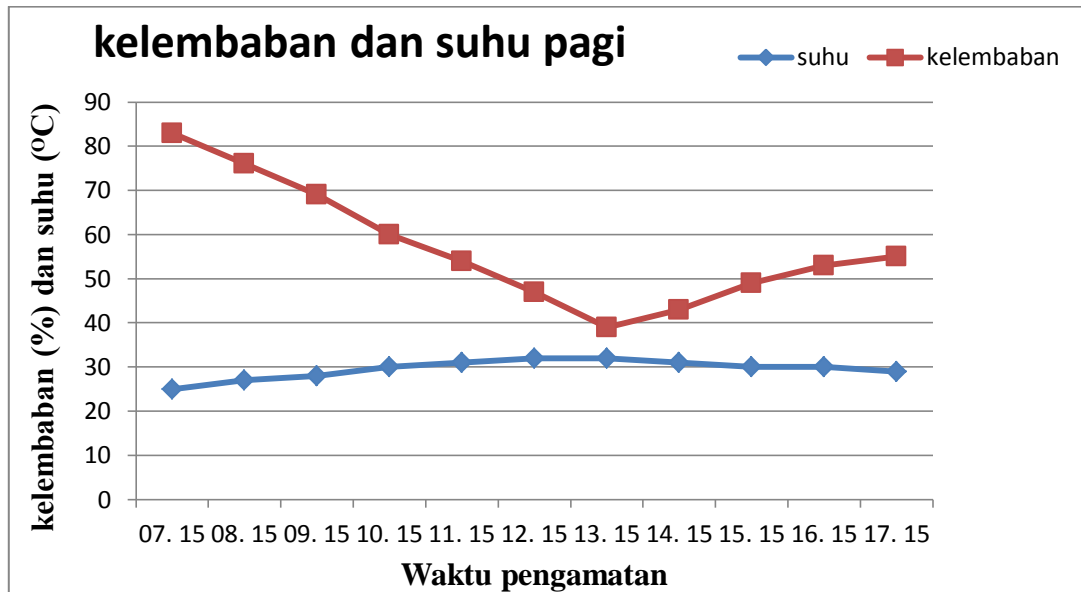


**Gambar 4.4** grafik rerata lebar porus stomata abaksial daun cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. yang diambil pada malam hari pukul 19.15 - 23.15

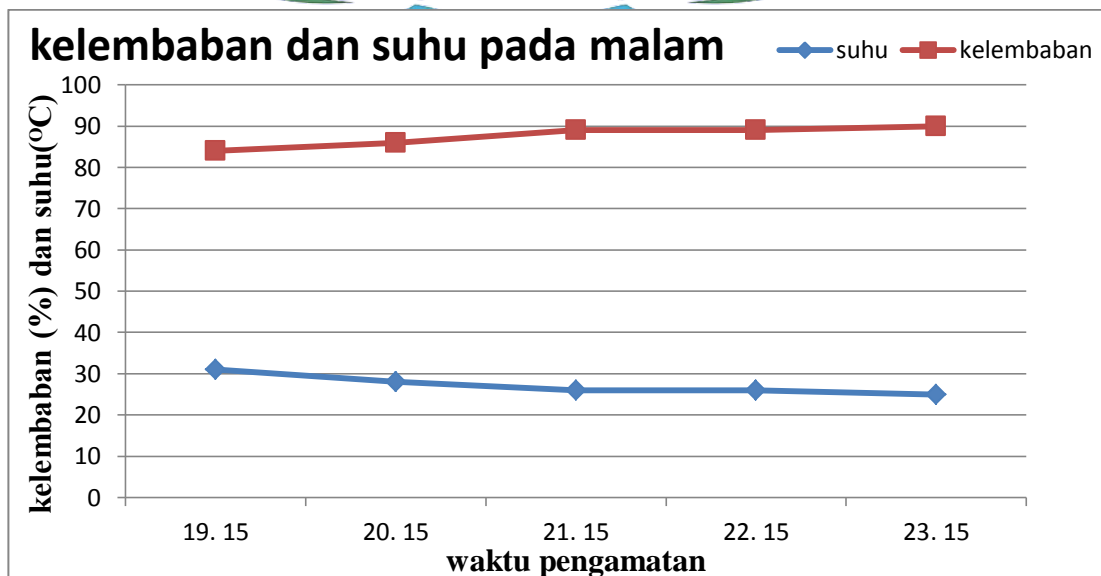
Berdasarkan gambar grafik di atas diketahui bahwa grafik menunjukkan kenaikan mulai pukul 19.15 WIB hingga pukul 21.15 WIB. rerata lebar porus abaksial mengalami lebar maksimal yaitu antara pukul 20.15 WIB hingga pukul 21.15 WIB. Namun antara pukul 21.15 WIB hingga pukul 23.15 WIB rerata lebar porus stomata abaksial mengalami penurunan yang stabil.

Dalam penelitian ini juga dilihat dari suhu dan kelembaban yang terdapat di lokasi pengambilan sampel yang juga berpengaruh terhadap pembukaan stomata baik yang pagi maupun yang telah mengalami perubahan

jalur fotosintesis pada malam hari. Berikut gambar grafik suhu dan kelembaban pada lokasi sampel penelitian:



Gambar 4.5 grafik perubahan suhu dan kelembaban pada pukul 07.15 WIB hingga pukul 17.15 WIB



Gambar 4.6 grafik perubahan suhu dan kelembaban pada pukul 19.15 WIB hingga pukul 23.15 WIB

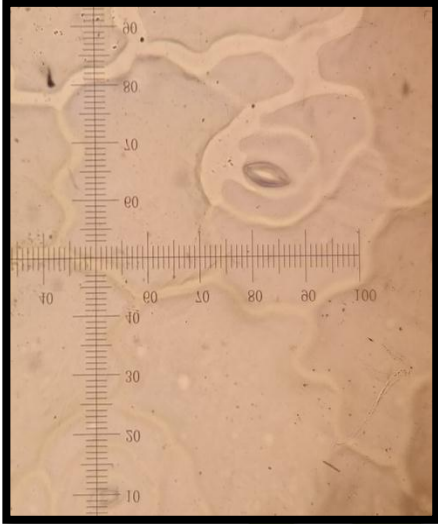
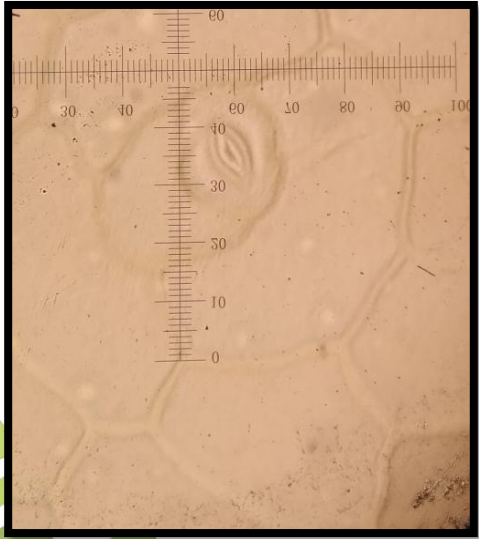
## B. PEMBAHASAN

Stomata merupakan bagian yang sangat penting dalam tanaman, karena melalui stomatalah tanaman dapat melakukan pertukaran gas, respirasi, dan sebagai jalan transpirasi atau penguapan pada tanaman. Pada penelitian ini cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. merupakan tanaman yang memiliki fotosintesis C3 yang kemudian diberi perlakuan tidak disiram setiap harinya sehingga mengalami cekaman kekeringan.

Perubahan jalur fotosintesis cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers yang dilihat dari buka-tutup stomatanya (konduktansi) dengan menggunakan metode replika, menunjukkan bahwa pada pengambilan sampel pagi hingga sore hari terjadi perubahan ukuran porus yang berbeda-beda. Ukuran porus stomata cocor bebek bertambah hingga mencapai ukuran maksimalnya.

Cocor bebek merupakan tanaman yang termasuk jalur fotosintesis C3 karena pembukaan stomatanya terjadi dipagi hari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dilihat bahwa sampel yang diambil pada pukul 07.15 WIB telah mengalami pembukaan stomata. Pembukaan paling besar terjadi antara pukul 11.15 WIB hingga pukul 13.15 WIB.



Pembukaan stomata adaksial cocor bebek pada pukul 07.15 WIB	Pembukaan stomata abaksial cocor bebek pada pukul 07.15 WIB
	

Sampel yang diteliti meliputi pembukaan stomata adaksial dan abaksial. Pada pembukaan stomata adaksial dan abaksial memiliki perbedaan pembukaan stomata. pada stomata adaksial ukuran rerata lebar  $6,6\mu\text{m}$ . Sedangkan pada stomata abaksial ukuran rerata lebar adalah  $8,6\mu\text{m}$ . Hal ini dapat terjadi karena perbedaan cahaya yang didapat ketika akan melakukan fotosintesis serta adanya perbedaan naungan yang didapat.

Porus stomata adaksial akan lebih kecil daripada porus stomata abaksial karena pada stomata adaksial akan terpapar langsung dengan sinar matahari, sehingga untuk mengurangi transpirasi yang terjadi pada daun porus

stomata adaksial akan mengecil.<sup>1</sup> Transpirasi mengakibatkan tanaman kehilangan air sehingga tekanan turgor akan menurun hal ini akan membuat ABA masuk, akibatnya porus stomata akan menutup sebagian agar mengurangi kehilangan air yang berlebihan.<sup>2</sup>

Pembukaan stomata ini dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan juga sinar matahari. Ketika suhu mengalami kenaikan maka kelembaban akan turun, pada saat ini cocor bebek akan melakukan transpirasi. Cocor bebek yang merupakan tanaman sukulen menyimpan air di clorenkim. Clorenkim merupakan sel khusus tempat menyimpan air pada tanaman sukulen, yang kemudian akan dimobilisasi ke hidrenkim (jaringan parenkim yang mengandung klorofil) sehingga dapat berfungsi sebagai penyeimbang antara transpirasi dan ketersediaan air yang sedikit. Tanaman menyerap CO<sub>2</sub> melalui stomata yang kemudian digunakan untuk melakukan fotosintesis, fotosintesis yang akan terus berlangsung membuat stomata akan selalu membuka, jika stomata terbuka tumbuhan akan semakin kehilangan air akibat evaporasi. Ketersediaan air di hidrenkim akan digunakan jika berpotensi kekeringan dan air yang tersimpan di clorenkim digunakan selama tanaman masih memiliki ketersediaan air. Ketika air yang disimpan di clorenkim habis karena telah dimobilisasikan ke hidrenkim, maka saat adanya air yang diserap oleh akar clorenkim akan mengisi cadangan air, sehingga jika terjadi cekaman

---

<sup>1</sup> Mustika s, Entin dan Daningsih, and Reni Marlina, 'Analisis Ukuran Dan Tipe Stomata Tanaman Di Kota Pontianak', *Artikel Penelitian*, 2018, 1–11.

<sup>2</sup> Hidayat and B Estiti, *Anatomi Tumbuhan Berbiji* (Bandung: ITB, 1995).

kekeringan cadangan air ini dapat digunakan. Penyimpanan air dapat ditambah oleh sekresi polisakarida ke ruang ekstraseluler, hal ini dapat dilakukan dengan meningkatnya kapasitas penahan air dari apoplas dengan membentuk agar-agar atau lendir. Lendir berfungsi sebagai air yang di modifikasi guna dapat disimpan pada tanaman sukulen.<sup>3</sup>

Tanaman yang kekurangan air akan mengalami kekeringan kemudian stress lingkungan. Hal tersebut dapat berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman dikatakan mengalami defisit air apabila sel pada tanaman kehilangan air, pada keadaan ini tekanan turgor pada tanaman akan lebih rendah dari nilai maksimumnya. Akibat dari stress air yang dialami tanaman akan menyebabkan terjadinya penurunan tekanan turgor yang berdampak pada penutupan stomata, membuka dan menutupnya stomata bergantung pada tekanan turgor yang ada pada sel.<sup>4</sup>

Tekanan turgor dapat menurun bergantung pada jumlah bahan terlarut (*Solute*) didalam cairan. Semakin banyak jumlah bahan terlarut maka potensi osmotik sel akan semakin rendah. Ketika osmotik sel semakin rendah maka akan semakin rendah turgiditas sel yang menyebabkan tekanan turgor menurun.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Howard Griffi and Jamie Males, 'Primer Succulent Plants', *11 September*, 2017, pp. R853–909 <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.021>>.

<sup>4</sup> Benyamin Lakitan, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Padang: Rajawali Press, 1993).

<sup>5</sup> Okti Purwaningsih, 'Adaptasi Tanaman Terhadap Kondisi Water Stress (Plant Adaptation To Water Stress)', *Jurnal Pertanian*, 2017, 1–11.

Pada penelitian ini terdapat 9 sampel yang diberi perlakuan tidak disiram setiap harinya, tujuannya agar cocor bebek menjadi stress air dan menjadi mengalami cekaman. Setelah tidak disiram selama beberapa hari cocor bebek mengalami perubahan morfologi untuk menyesuaikan hidupnya yang sedang mengalami stress air. Pada beberapa hari diawal perlakuan tidak disiram cocor bebek menunjukkan respon berupa daun yang sedikit layu, warna daun lebih tua dan tunas yang ada pada ujung-ujung daun berjatuhan.

Pada saat tanaman mengalami stress air tanaman akan melakukan beberapa mekanisme untuk mempertahankan hidupnya. Salah satu pertahanan yang dapat dilakukan adalah dengan menghindari kekurangan air jaringan. Tanaman akan mengendalikan kekurangan air dengan menambah kekurangan air dari tanah. Saat mengalami kekeringan klorofil akan mengalami fotooksidasi sehingga akan menurunkan aktifitas fotosintesis.<sup>6</sup>

Pada hari ke-14 cocor bebek tidak disiram tanaman ini mengalami perubahan morfologi kembali, cocor bebek dapat beradaptasi pada kondisi stress air. Perubahan morfologi ini berupa daun-daun menjadi segar kembali, warna daun menjadi tidak terlalu tua, dan tunas-tunas bakal tanaman baru kembali tumbuh diujung-ujung daun, dan tulang daun pada cocor bebek berubah menjadi lurus ketika mengalami stress air. ini merupakan bagian dari adaptasi terhadap kekeringan, namun daun-daun cocor bebek yang mengalami

---

<sup>6</sup> Kelik Perdana and Windra Sukma, 'Mekanisme Tumbuhan Menghadapi Kekeringan', *Jurnal Pemikiran Penelitian Pendidikan Dan Sains*, 3.6 (2015), 186–94.

stress air ini membentuk sudut antara tangkai dan batang adalah sekitar  $35^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ . Namun ketika daun cocor bebek yang mengalami stress air telah membentuk sudut sekitar  $55^{\circ}$ - $60^{\circ}$  artinya daun tersebut akan membusuk dan mati. Pada keadaan morfologi ini peneliti mengambil sampel dengan tujuan melihat apakah cocor bebek mengalihkan jalur fotosintesisnya dari C3 yang membuka stomata pada pagi hari menjadi CAM yang membuka stomata pada malam hari.

Terdapat 2 macam respon tanaman yang dapat memperbaiki status ketika mengalami kekeringan, yaitu dengan cara mengubah distribusi asimilasi baru dan mengatur derajat pembukaan stomata. Kurangnya ketersediaan air dapat menghambat sintesis klorofil pada daun akibat laju fotosintesis yang menurun dan adanya peningkatan temperatur serta transpirasi sehingga menyebabkan disintegrasi klorofil. Hal ini dapat menyebabkan klorofil  $\beta$  lebih banyak dibandingkan klorofil  $\alpha$ . Hal ini membuat daun pada cocor bebek yang mengalami stress air memiliki warna daun hijau muda (tidak terlalu tua) ketika telah beradaptasi terhadap lingkungan yang kekeringan.<sup>7</sup>

Sampel penelitian ini diambil pada daun ke-3 hingga ke-4 yang terdapat pada cocor bebek. Pengambilan sampel pada daun ke-3 atau ke-4 ini dengan alasan bahwa pada daun pertama dan kedua jaringan masih

---

<sup>7</sup> Nio Song and Yunia Banyo, 'Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman', *Jurnal Ilmiah Sains*, 11.2 (2011), 166–73.

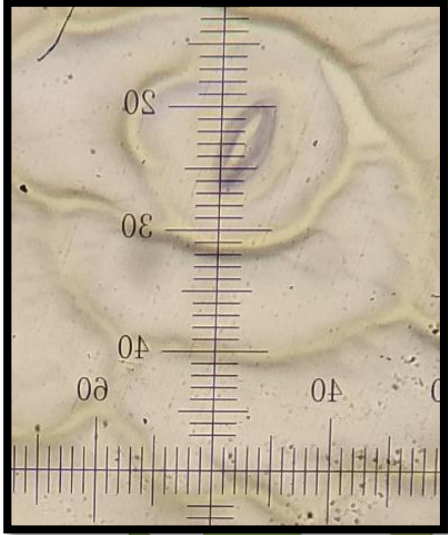
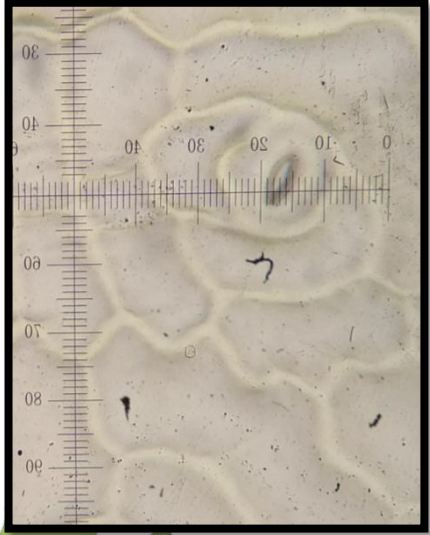
mengalami pertumbuhan dan belum sempurna, sedangkan bila mengambil daun bagian bawah beberapa jaringan telah mengalami kematian.

Fotosintesis C3 terjadi pada daun cocor bebek yang masih muda karena pada daun yang muda penyerapan CO<sub>2</sub> lebih banyak. Sedangkan ketika tanaman cocor bebek beralih menjadi CAM daun muda tidak lagi melakukan penyerapan CO<sub>2</sub> karena keterbatasan air. Tanaman CAM berbeda dengan tanaman C3 dan C4 karena pada tanaman CAM penyerapan air dari perolehan CO<sub>2</sub> yang mana penyerapan CO<sub>2</sub> dilakukan pada malam hari sehingga transpirasi yang terjadi menjadi rendah. Pada CAM fakultatif perkembangan dari C3 ke CAM terjadi pada saat jaringan pada daun matang. Karena pada saat daun muda identik digunakan pada mode C3. Sedangkan ketika jaringan pada tanaman mulai matang cenderung digunakan untuk induksi/upregulasi CAM.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> Klaus Winter, Milton Garcia, and Joseph A M Holtum, 'On the Nature of Facultative and Constitutive CAM: Environmental and Developmental Control of CAM Expression during Early Growth of *Clusia*, *Kalanchoe* *Opuntia*', *Journal of Experimental Botany*, 2008, 1–12 <<https://doi.org/10.1093/jxb/ern080>>.



Pembukaan stomata atas pada cocor bebek <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers) pukul 21.15 WIB	Pembukaan stomata bawah pada cocor bebek <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers) pukul 21.15 WIB
	

Pembukaan porus pada cocor bebek yang telah mengalami stress air terjadi pada pukul 21.15 WIB. Stomata membuka meski tidak terlalu lebar seperti yang terjadi pada cocor bebek yang belum mengalami stress air. Pada gambar sampel stomata yang diambil pada malam hari terlihat sel-sel tetangga yang ada di sekitar stomata terlihat sedikit buram, tidak seperti pada sampel stomata yang diambil pada saat cocor bebek belum mengalami cekaman kekeringan.

Sel-sel stomata yang terlihat sedikit buram disebabkan oleh replika yang tidak rata akibat permukaan daun yang tidak rata. Keadaan permukaan daun yang tidak rata merupakan salah satu bentuk adaptasi cocor bebek

terhadap keadaan stress air. Selain itu ibu tulang daun yang lurus merupakan bagian dari adaptasi terhadap stress air/kekeringan pada cocor bebek. Keadaan ini menyebabkan stomata pada cocor bebek *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. menyerupai stomata sunken (stomata cekung).

Stomata sunken merupakan stomata dalam lubang kecil yang bertujuan untuk melindungi uap air yang keluar dari aliran udara, mengurangi kehilangan air dari daun dan biasanya terjadi pada tanaman yang mengalami kekeringan. Cekungan yang menutupi stomata bertujuan untuk mengurangi transpirasi sehingga stomata yang mengalami kekeringan akan sama atau setara dengan stomata yang ada di permukaan daun. Pada stomata cekung atau sunken stomata, stomata tidak terlihat dengan jelas karena adanya cekungan yang melindungi stomata.<sup>9</sup>

Saat pukul 21.15 WIB ukuran rerata lebar porus stomata adaksial sekitar 7,5  $\mu\text{m}$ . Sedangkan ukuran rerata lebar porus stomata abaksial adalah sekitar 8,0  $\mu\text{m}$ . Ukuran stomata cocor bebek yang telah beralih jalur fotosintesisnya ini memang tidak sebesar ukuran rerata porus pada saat cocor bebek belum beralih menjadi CAM.

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan diketahui bahwa stomata pada cocor bebek terdapat di atas dan di bawah daun, dengan jumlah dan ukuran porus stomata yang berbeda. Sedangkan melihat stomata yang

---

<sup>9</sup> Hans Lambers, F. Stuart Chapin III, and Thijs L. Pons, *Plant Physiological Ecology*, 2008.

dikelilingi beberapa sel yaitu sel penutup dan sel tetangga yang ukurannya berbeda-beda maka cocor bebek memiliki tipe stomata anisositik.

Stomata pada cocor bebek yang dilihat dari letak stomatanya yang terdapat diatas dan dibawah daun maka stomata ini disebut dengan anfstomatik (terdapat diatas dan dibawah). Stomata pada cocor bebek yang dilihat berdasarkan sel epidermis dan sel tetangga adalah anisositik karena setiap sel penutup dikelilingi oleh tiga sel tetangga dengan ukuran yang tidak sama.<sup>10</sup>

Cocor bebek yang merupakan tanaman C3 dapat beralih jalur fotosintesisnya menjadi CAM ketika tanaman ini mengalami kekeringan, dan tercekam. Berdasarkan penelitian Ana Herrera bahwa tanaman sukulen dapat mengalihkan jalur fotosintesisnya ketika mengalami cekaman.<sup>11</sup> CAM terbagi menjadi beberapa tipe. Berdasarkan ciri-ciri yang ditunjukkan oleh perubahan pada cocor bebek disimpulkan bahwa cocor bebek termasuk dalam CAM fakultatif.

CAM fakultatif merupakan CAM yang berubah dibawah kondisi cekaman kekeringan yang sebelumnya memiliki jalur fotosintesis C3 ataupun C4, namun ketika tanaman telah mendapatkan air tanaman dengan jalur fotosintesis CAM fakultatif akan kembali menjadi tanaman dengan jalur

---

<sup>10</sup> Resti Nuraeni and others, 'Struktur Anatomi Daun Cocor Bebek ( Kalanchoe Pinnata )', 2017, 1–8.

<sup>11</sup> Ana Herrera, 'Crassulacean Acid Metabolism-Cycling in Euphorbia Mili', *Journal for Plant Sciences*, 2013, 1–10 <<https://doi.org/10.1093/aobpla/plt014>>.

fotosintesis C3 ataupun C4 karena telah menghilangkan stress atau cekamannya. Cekaman kekeringan dapat mempercepat peningkatan ontogenik dalam fiksasi CO<sub>2</sub> pada kondisi gelap dan dapat kembali seperti keadaan awal. Dalam penelitiannya Winter membuktikan bahwa kategori CAM fakultatif dipengaruhi juga oleh ontogenik dan tekanan lingkungan. Dimana ontogenik merupakan perkembangan organisme sejak telur/benih hingga dewasa.<sup>12</sup>

### C. Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar

Mata pelajaran biologi merupakan ilmu sains yang tak dapat dipisahkan dengan kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum sangat penting untuk memahami konsep sains yang ada dalam ilmu pengetahuan alam (IPA). Dimana keduanya berkaitan agar dapat menjadikan ilmu pengetahuan alam (IPA) tidak hanya sebagai penguasaan pengetahuan, fakta dan konsep saja namun juga sebagai tempat terciptanya penemuan-penemuan baru. Sebagai ilmu yang mempelajari tentang makhluk hidup biologi juga memberikan pelajaran yang baik untuk manusia agar hidup berdampingan dengan sumber daya alam dengan cara yang baik dan benar.

Proses pembelajaran memfokuskan pada pengalaman secara langsung dengan memberikan kegiatan eksperimen untuk mengembangkan kompetensi sehingga peserta didik dapat menjelajahi dan alam sekitar secara ilmiah. Mata

---

<sup>12</sup> Klaus Winter and Joseph A M Holtum, 'Facultative Crassulacean Acid Metabolism ( CAM ) Plants : Powerful Tools for Unravelling the Functional Elements of CAM Photosynthesis', *Journal of Experimental Botany*, 2014, 1–17 <<https://doi.org/10.1093/jxb/eru063>>.

pelajaran biologi ini dikembangkan melalui berfikir analisis, induktif, dan deduktif untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan alam sekitar. Salah satu konsep mata pelajaran biologi adalah materi fotosintesis.

Penggunaan metode ini dapat menjawab permasalahan dari topik pembelajaran melalui percobaan yang mereka lakukan. Ilmu pengetahuan yang diperoleh peserta didik melalui eksperimen dapat membuat peserta didik menemukan pengalaman praktik sehingga dapat terampil dalam menggunakan alat-alat laboratorium.

Dari hasil penelitian perubahan jalur fotosintesis tanaman cocor bebek (*Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers) yang dilihat dari konduktansi stomata menunjukkan bahwa cocor bebek yang mengalami cekaman atau kekeringan akan mengalihkan jalur fotosintesisnya sementara menjadi CAM dan ketika tanaman ini telah memperoleh air maka cocor bebek akan kembali pada jalur fotosintesis awal. Hal ini perlu diperkenalkan kepada peserta didik tingkat SMA sehingga dapat menumbuhkan sikap keingintahuan pada diri peserta didik. Melalui kegiatan ini peserta didik dapat mendeskripsikan sendiri melalui pengamatan yang dilakukan. Pengetahuan ini dapat dijadikan pula sebagai umpan bagi peserta didik untuk menggali alam sekitar. Konsep perubahan jalur fotosintesis digunakan sebagai sumber materi pembelajaran bagi peserta didik SMA kelas XII.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Cocor bebek (*Kalanchoe pinnata*) yang mengalami cekaman kekeringan mengalihkan jalur fotosintesisnya dari C3 menjadi CAM dengan jenis CAM fakultatif.
2. Cocor bebek memiliki tipe stomata anfistomatik dilihat dari letak stomata yang terdapat diatas dan dibawah, sedangkan dilihat dari sel epidermis yang berdekatan dengan sel tetangga cocor bebek memiliki tipe stomata anisositik.

#### **B. Saran**

1. Kepada guru biologi SMA agar dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai sumber belajar kelas XII semester ganjil pada sub konsep fotosintesis.
2. Kepada peneliti selanjutnya diharapkan dapat meneliti mengenai perubahan jalur fotosintesis pada tanaman C4, agar dapat membandingkan

perbedaan perubahan jalur fotosintesis yang terjadi pada tanaman C3 dan C4.





## DAFTAR PUSTAKA

- A. M, Soleh, R Manggala, Y Maxiselly, M Ariyanti, and i. R. D Anjarsari, 'Respons Konduktansi Stomata Beberapa Genotipe Tebu Sebagai Parameter Toleransi Terhadap Stress Abiotik', *Jurnal Kultivasi*, 16 (2017), 490–93
- Adisya Putra, Sudarsono, and Kukuh Setiawan, 'Pewarisan Sifat Densitas Stomata Dan Laju Kehilangan Air Daun ( Rate Leaf Water Loss RWL ) Pada Kacang Tanah ( *Arachis Hypogaea* L . )', *Jurnal Natur Indonesia*, 14 (2011), 73–89
- Ai, Nio Song, 'Evolusi Fotosintesis Pada Tumbuhan', *Ilmiah Sains*, 12 (2012), 28–34
- Ali, Muhammad dan, and Jalaluddin As-Suyuti, *Ringkasan Tafsir Ibnu Katsir Dari Juz 1 Sampai Juz 30*, ke-3 (Bandung: Jalandak, 2017)
- Almayra, Shinta, 'Perbedaan Kerapatan Stomata Daun Tumbuhan Kedelai (*Glycine Max* L. Merrill) Pada Tempat Terang Dan Teduh)', 2017, 1–15
- Ariesandi, devi fitria, 'Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi Dan Frekuensi Ekstrak Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe Pinnata*) Untuk Menyembuhkan Luka Sayat Pada Tikus Putih (*Rattus Norvegicus* L.)', *Jurnal Biologi Murni*, 2016, 1–11
- Asah, and Muhammad Yassir, 'Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Obat Tradisional Di Desa Batu Hamparan Kabupaten Aceh Tenggara', *Jurnal Biotik*, 6 (2018), 17–34
- Campbell, Neil A, and Jane B Reece, *Biologi Edisi*, 8 jilid 1 (Jakarta: Erlangga, 2012)
- Departemen Agama RI, *Alquran Tajwid, Dan Terjemahan* (Bandung: CV. Diponogoro, 2010)
- DPR, 'Undang-Undang Ri Tentang Konservasi Sumber Daya Alam Dan Ekosistemnya', *Nomor 5*, 1990, 1–12
- Dwiati, Murni, 'Tumbuhan C3, C4, Dan CAM', *Jurnal Biologi*, 2011, 24–37
- Dwidjoesepturo, D, *Pengantar Fisiologi Tumbuhan* (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1994)
- Dwisatyadini, Mutimanda, 'Pemanfaatan Tanaman Obat Untuk Pencegahan Dan Pengobatan Penyakit Degeneratif', *Optimalisasi Peran Sains Dan Teknologi Untuk Mewujudkan Smart City*, 2010, 237–70

- Ester, Hesty Taluta, Henny L Rampe, and Marhaenus J Rumondor, 'Pengukuran Panjang Dan Lebar Pori Stomata Daun Beberapa Varietas Tanaman Kacang Tanah ( *Arachis Hypogaea* L. )', *Jurnal MIPA Unsrat*, 6 (2017), 1–5
- Friliana, Rani Okta, Heni Lutfiyati, Aribah Syauqi, Anisa Fitri, and Rizki Setyo Dwipasari, 'Inovasi Salep Ekstrak Cobek ( Cocor Bebek ) Sebagai Obat Bisul', *Research Colloquium*, 2017, 177–82
- Griffi, Howard, and Jamie Males, 'Primer Succulent Plants', 11 September, 2017, pp. R853–909 <<https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.03.021>>
- Gulo, Ricky Rinaldo, 'Fotosintesis', *Jurnal Biologi*, 2016, 1–31
- Hamim, 'Respon Pertumbuhan Spesies C3 Dan C4 Terhadap Cekaman Kekeringan Dan Konsentrasi CO<sub>2</sub> Tinggi', *Jurnal Biosfer*, 2005, 105–13
- Harum, Chairul, *Teknik Budidaya Tanaman*, 1st edn (Jakarta: PT. Mancanan Jaya Cemerlang, 2008)
- Haryanti, Sri, 'Jumlah Dan Distribusi Stomata Pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil Dan Monokotil', *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XVIII (2010), 21–28
- Haryanti, Sri, and Tetrinica Meirina, 'Optimalisasi Pembukaan Porus Stomata Daun Kedelai ( *Glycine Max* ( L ) Merrill ) Pada Pagi Hari Dan Sore', *Jurnal Bioma*, 11 (2009), 11–16
- Hastilestari, Bernadetta Rina, 'Plasticity of Photosynthetic System on CAM Plants', *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indom*, 1 (2015), 864–67 <<https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010436>>
- Herrera, Ana, 'Crassulacean Acid Metabolism-Cycling in *Euphorbia Milii*', *Journal for Plant Sciences*, 2013, 1–10 <<https://doi.org/10.1093/aobpla/plt014>>
- Hidayat, and B Estiti, *Anatomi Tumbuhan Berbiji* (Bandung: ITB, 1995)
- Istiana, Sarah, 'Formulasi Sediaan Gel Basis Na-CMC Ekstrak Etanol Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe Pinnata* (Lmk.) Pers.) Sebagai Penyembuh Luka Pada Kelinci', *Jurnal Ilmiah*, 2016, 1–12
- Kristina, N Nova, Nursalam Sirait, Balai Penelitian, and Tanaman Rempah, 'Multiplikasi Tunas, Perakaran Dan Aklimatisasi Tanaman Sambang Nyawa ( *Gynura Procumbens* ) Pemindahan Tanaman Dari Lingkungan', 2005, 56–64
- Lakitan, Benyamin, *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan* (Padang: Rajawali Press, 1993)

- Lambers, Hans, F. Stuart Chapin III, and Thijs L. Pons, *Plant Physiological Ecology*, 2008
- Majaz, Quazi, A.U Tatiya, Molvi Khurshid, Nazim Sayyed, and Siraj Shaikh, 'The Miracle Plant ( *Kalanchoe Pinnata* ): A Phytochemical and Pharmacological Review', *Jurnal IJRAP*, 2 (2011), 1478–82
- Mutaqin, Asep Zainal, Ruly Budiono, Tia Setiawati, Mohamad Nurzaman, and Radewi Safira Fauzia, 'Studi Anatomi Stomata Daun Mangga ( *Mangifera Indica* ) Berdasarkan Perbedaan Lingkungan', *Jurnal Biodjati*, 1 (2016), 13–18
- Nuraeni, Resti, Syfa Isnaeni, Yayang Karlina, Mahasiswa Pendidikan Biologi, and Universitas Muhammadiyah Sukabumi, 'Struktur Anatomi Daun Cocor Bebek ( *Kalanchoe Pinnata* )', 2017, 1–8
- Perdana, Kelik, and Windra Sukma, 'Mekanisme Tumbuhan Menghadapi Kekeringan', *Jurnal Pemikiran Penelitian Pendidikan Dan Sains*, 3 (2015), 186–94
- Pertamawati, 'Pertumbuhan Tanaman Kentang ( *Solanum Tuberosum* L .) Dalam Lingkungan', *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12 (2010), 31–37
- Pharmawati, Made, Made Ria Defiani, and Ni Luh Arpiwi, 'Ca<sup>2+</sup> Intraseluler Terlibat Dalam Mekanisme Pembukaan Stomata Akibat Pengaruh Auxin', *Jurnal Biologi*, XII (2008), 19–22
- Prijono, Sugeng, Moh Teguh, and Satya Laksmiana, 'Studi Laju Transpirasi *Peltophorum Dassyrachis* Dan *Gliricidia Sepium* Pada Sistem Budidaya Tanaman Pagar Serta Pengaruhnya Terhadap Konduktivitas Hidrolik Tidak Jenuh', 7 (2016), 15–24
- Purwaningsih, Okti, 'Adaptasi Tanaman Terhadap Kondisi Water Stress (Plant Adaptation To Water Stress)', *Jurnal Pertanian*, 2017, 1–11
- Rahayu, Purri, Ainur Rofieq, and Muizzudin, 'Perbedaan Anatomi Jaringan Stomata Berbagai Daun Genus *Allamanda*', in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi 2015, Diselenggarakan Oleh Prodi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang* (Malang: Universitas Muhammadiyah Malang, 2015), pp. 686–93
- Retno, Raras Setyo, 'Identifikasi Tipe Stomata Pada Daun Tumbuhan Xerofit (*Euphorbia Splendens*), Hidrofit (*Ipomoea Aquatica*), Dan Mesofit (*Hibiscus Rosa-Sinensis*)', *Jurnal Florea*, 2 (2015), 28–32
- s, Mustika, Entin dan Daningsih, and Reni Marlina, 'Analisis Ukuran Dan Tipe Stomata Tanaman Di Kota Pontianak', *Artikel Penelitian*, 2018, 1–11

- Salisbury, Frank B, and W Ross, *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1* (Bandung: ITB, 1995)
- Sandi, Elis Yulia, 'Ekstrak Daun Cocor Bebek (*Bryophyllum Pinnatum*) Sebagai Pengawet Pada Sediaan Sirup Herbal Tomat (*Solanum Lycopersicum*)', *Jurna Farmasi*, 2013
- Saputri, Dwijowati Asih, and Eka Sri Wahyuni, 'Pola Pembukaan Dan Penutupan Stomata Pada Tiga Spesies Anggota Genus *Sansevieria*', in *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan* (Universitas Muhammadiyah Metro: Semnasdik FKIP, 2017), pp. 163–70
- Song, Nio, and Yunia Banyo, 'Konsentrasi Klorofil Daun Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman', *Jurnal Ilmiah Sains*, 11 (2011), 166–73
- Stevani, Hendra, Y. Abdulrohman Hanafi, and Suprpto Prayitno, 'Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol, Eter, Dan Butanol Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe Pinnata*) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus*', *Jurnal Media Farmasi*, XV (2016), 89–95
- Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, Dan RnD* (Bandung: Alfabeta, 2016)
- Sulistyowati, Dwiwanti, Muhammad Ahmad Chozin, and Muhamad Syukur, 'Karakter Fotosintesis Genotipe Tomat Senang Naungan Pada Intensitas Cahaya Rendah ( The Photosynthetic Characters of Loving-Shade Tomato Genotypes at Low Light Intensity )', *Jurnal Hort.*, 26 (2016), 181–88
- Suradinata, Tatang S, *Struktur Tumbuhan* (Bandung: PT. Angkasa 1998, 1998)
- Syarif, Pudjiati, Bambang dan Suryotomo, and Suprpto Hayati, 'Deskripsi Dan Manfaat Tanaman Obat Di Pedesaan Sebagai Upaya Pemberdayaan Apotik Hidup (Studi Kasus Di Kecamatan Wonokerto)', *Jurnal Pertanian*, 2015, 20–32
- Tjitrosoepomo, Gembong, *Morfologi Tumbuhan*, ke-I (Yogyakarta: PT. Gajah Mada University Press, 2012)
- Utomo, Budi, *Fotosintesis Pada Tumbuhan* (Medan, 2008)
- Wibawani, Alif Intan, and Ainun Nikmatin Laily, 'Identifikasi Tanaman Berdasarkan Tipe Fotosintesis Pada Beberapa Spesies Anggota Genus *Ficus* Melalui Pengamatan Anatomi Daun', *El-Hayah*, 5 (2015), 43–47
- Winter, Klaus, Milton Garcia, and Joseph A M Holtum, 'On the Nature of Facultative and Constitutive CAM: Environmental and Developmental Control of CAM Expression during Early Growth of *Clusia*, *Kalanchoe* *Opuntia*', *Journal of Experimental Botany*, 2008, 1–12 <<https://doi.org/10.1093/jxb/ern080>>

Winter, Klaus, and Joseph A M Holtum, 'Facultative Crassulacean Acid Metabolism ( CAM ) Plants : Powerful Tools for Unravelling the Functional Elements of CAM Photosynthesis', *Journal of Experimental Botany*, 2014, 1–17  
<<https://doi.org/10.1093/jxb/eru063>>

